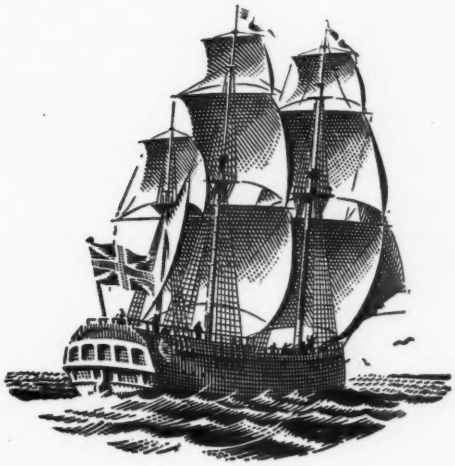
ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès des sciences au service du genre humain



VOLUME IX · 1950

LISTE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS

Page

ALDINGTON, J. N. Progrès récents des lampes à décharge dans les gaz rares 203

ANDRADE, E. N. DA C. Etude physique de la déformation des métaux .. 165

ARKELL, W. J. L'avenir de la construction en pierre en Angleterre .. 40

ARTICLES DE TÊTE Science, histoire et civilisation 1

L'accès aux connaissances scientifiques 53

René Descartes (1596–1650) 107

La conservation des pièces de musée 163

BAKER, WILSON Polyènes cycliques et dérivés 35

CANNON, H. GRAHAM La technique de coloration en biologie 188

COCKCROFT, SIR JOHN Utilisation expérimentale des réacteurs nucléaires 55

COURTOIS, JEAN ÉMILE (*Voir* FLEURY, PAUL FÉLIX) 144

CROMMELIN, C. A. Les horloges de Christiaan Huygens 64

DELABY, R. L'Union Internationale de Chimie pure et appliquée .. 18

EPHRUSSI-TAYLOR, H. L'hérédité chez les pneumocoques 80

EVANS, DAVID S. L'astronomie en Afrique du Sud 45

FAURÉ-FREMIET, E. Ecologie des infusoires ciliés 183

FLEURY, PAUL FÉLIX, et COURTOIS, JEAN ÉMILE L'évolution de la biochimie des enzymes .. 144

FOX, SIR CYRIL (SANKEY) L'érosion du sol 178

GAUTHERET, R. J. Le cancer végétal 21

GORDON, MYRON Hérédité des tumeurs pigmentées chez les poissons .. 26

HAMMOND, JOHN Le bétail sans cornes 85

KIRCHNER, GEORG L'ambre et ses inclusions.. 70

LAPAGE, G. Les parasites et la guerre 134

MCCREA, W. H. La théorie de l'«Etat stationnaire» de l'univers en expansion 3

MELVILLE, H. W. La réactivité des radicaux libres en solution 98

PANETH, F. A. Thomas Wright de Durham 117

PATON, JAMES Les couleurs du ciel diurne 126

POWELL, H. M. Combinaisons moléculaires 154

PRINGSHEIM, E. G. La culture des algues 138

RICHARDSON, E. G. La cavitation dans les liquides 149

SCHRÖDINGER, ERWIN Qu'est-ce qu'une particule élémentaire ? 109

STEPHENSON, ANNE (*Voir* STEPHENSON, T. A.) 11

STEPHENSON, T. A., et STEPHENSON, ANNE La vie entre les laisses de marée haute et de marée basse en Amérique du Nord .. 11

TILLOTSON, ERNEST Les tremblements de terre 91

TOLANSKY, S. Interférométrie à faisceaux multiples 196

WEBB, K. R. Gay-Lussac (1778–1850), chimiste 207

WINTER, H. J. J. La contribution arabe à la physique 76

TABLE DES MATIÈRES

		Page
061	INSTITUTIONS OFFICIELLES	
061.3:54	L'Union Internationale de Chimie pure et appliquée	18
081	POLYGRAPHIES INDIVIDUELLES	
081(049.3):52	Thomas Wright de Durham	117
355	ADMINISTRATION MILITAIRE	
355:591.69–99	Les parasites et la guerre	134
52	ASTRONOMIE	
52:081(049.3)	Thomas Wright de Durham	117
522(68)	L'astronomie en Afrique du Sud	45
523.112	La théorie de l'«Etat stationnaire» de l'univers en expansion	3
53	PHYSIQUE	
53(=1.394)	La contribution arabe à la physique	76
530.145	Qu'est-ce qu'une particule élémentaire ? ..	109
532.528	La cavitation dans les liquides	149
535.417:620.1	Interférométrie à faisceaux multiples	196
539.185:621.039.4	Utilisation expérimentale des réacteurs nucléaires	55
539.4:669–172	Etude physique de la déformation des métaux ..	165
54	CHIMIE THÉORIQUE. PHYSICO-CHIMIE	
54:061.3	L'Union Internationale de Chimie pure et appliquée	18
541:92	Gay-Lussac (1778–1850), chimiste	207
541.124	La réactivité des radicaux libres en solution ..	98
541.4	Combinaisons moléculaires	154
547	CHIMIE ORGANIQUE	
547.51	Polyènes cycliques et dérivés	35
55	GÉOLOGIE. GÉOPHYSIQUE	
550.341	Les tremblements de terre	91
551.311	L'érosion du sol	178
551.593.53	Les couleurs du ciel diurne	126
553.99	L'ambre et ses inclusions	70
57	BIOLOGIE	
575.061.6:597:591.2–006.4	Hérédité des tumeurs pigmentées chez les poissons	26
575.23:576.851.214.095.18	L'hérédité chez les pneumocoques	80
576.851.214.095.18:575.23	L'hérédité chez les pneumocoques	80
577.15(091)	L'évolution de la biochimie des enzymes ..	144
577.472(261)	La vie entre les laisses de marée haute et de marée basse en Amérique du Nord	11
578.08:582.26	La culture des algues	138
578.65	La technique de coloration en biologie	188
58	BOTANIQUE	
581.22:632.2	Le cancer végétal	21
582.26:578.08	La culture des algues	138
59	ZOOLOGIE	
591.2–006.4:575.061.6:597	Hérédité des tumeurs pigmentées chez les poissons	26
591.553:593.17	Ecologie des infusoires ciliés	183
591.69–99:355	Les parasites et la guerre	134
593.17:591.553	Ecologie des infusoires ciliés	183
597:591.2–006.4:575.061.6	Hérédité des tumeurs pigmentées chez les poissons	26
62	ART DE L'INGÉNIEUR	
620.1:535.417	Interférométrie à faisceaux multiples	196
620.191:691.2	L'avenir de la construction en pierre en Angleterre	40
621.039.4:539.185	Utilisation expérimentale des réacteurs nucléaires	55
621.3:92	Oliver Heaviside (1850–1925)	195
621.327.3/.4	Progrès récents des lampes à décharge dans les gaz rares	203

TABLE DES MATIÈRES *(suite)*

		Page
63	AGRICULTURE	
632.2:581.22	Le cancer végétal	21
636.2.081	Le bétail sans cornes	85
66	INDUSTRIES CHIMIQUES	
669–172:539.4	Etude physique de la déformation des métaux	165
681	FINE MÉCANIQUE	
681.11	Les horloges de Christiaan Huygens	64
691	MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION	
691.2:620.191	L'avenir de la construction en pierre en Angleterre	40
92	BIOGRAPHIE	
92:541	Gay-Lussac (1778–1850), chimiste	207
92:621.3	Oliver Heaviside (1850–1925)	195

REVUE DES LIVRES

Page

ADAMS, ROGER, et collaborateurs. Organic Reactions (Vol. 4) .. 159
ARKEL, A. E. VAN. Molecules and Crystals in Inorganic Chemistry .. 102
BARRON, H. Modern Synthetic Rubber .. 160
BERNAL, J. D. The Freedom of Necessity .. 102
BUTLER, E., et JONES, S. G. Plant Pathology .. 211
CHALMERS, BRUCE (rédacteur). Progress in Metal Physics .. 160
CH'IAO-P'ING, LI. The Chemical Arts of Old China 104
COHEN, I. B. Science, Servant of Man .. 161
COLMAN, J. S. The Sea and its Mysteries .. 212
DEERR, N. The History of Sugar (Vol. I) .. 160
DINGLE, H. Science and Literary Criticism .. 161
DUSHMAN, SAUL. Scientific Foundations of Vacuum Technique .. 51
GAUTHERET, R.-J. La Cellule: Principes de Cytologie générale et végétale .. 211
GRASSÉ, PIERRE-P. (Publié sous la direction de). Traité de Zoologie (Vol. XI) .. 51
Idem (Publié sous la direction de). Traité de Zoologie (Vol. VI, IX et XV) .. 213
GRIFFITH, R. H. The Practice of Research in the Chemical Industries .. 103
HARTRIDGE, H. Colours and how we see them .. 104
Idem. Recent Advances in the Physiology of Vision .. 213
HENISCH, H. K. Metal Rectifiers .. 161
HOAGLAND, D. R. Inorganic Nutrition of Plants .. 103
HONEYMAN, J. An Introduction to the Chemistry of Carbohydrates .. 159
HUNTRESS, E. H. The Preparation, Properties, Chemical Behaviour, and Identification of Organic Chlorine Compounds .. 159
JAFFE, B. Crucibles: the Story of Chemistry from Ancient Alchemy to Nuclear Fission .. 159
JAMES, R. W. The Optical Principles of the Diffraction of X-rays .. 103
KREULEN, D. J. W. Elements of Coal Chemistry .. 51
MARTIN, THOMAS. Faraday's Discovery of Electromagnetic Induction .. 161
MATHER, K. Biometrical Genetics .. 103
ONG, E. R. DE. The Chemistry and Uses of Insecticides .. 105
PENN, W. S. High Polymeric Chemistry .. 212
PURI, A. N. Soils, their Physics and Chemistry .. 211
RALSTON, A. W. Fatty Acids and their Derivatives .. 50
READ, JOHN. A Direct Entry to Organic Chemistry 50
ROGERSON, SIDNEY (Illustré par CHARLES TUNNICLIFFE). Both Sides of the Road .. 104
ROYAL SOCIETY. A List of British Scientific Publications reporting Original Work or Critical Reviews 158
RUHEMANN, M. The Separation of Gases .. 102
SALAMAN, REDCLIFFE N. The History and Social Influence of the Potato .. 102
SEXTON, W. A. Chemical Constitution and Biological Activity .. 158
SHRINER, RALPH L., et FUSON, REYNOLD C. The Systematic Identification of Organic Compounds 52
SMITH, S. J. Advanced Chemical Calculations .. 212
SNYDER, H. R. (rédacteur-en-chef). Organic Syntheses (Vol. 28) .. 160
SOCIÉTÉ DE CHIMIE PHYSIQUE et THE FARADAY SOCIETY. Surface Chemistry .. 103
SOCIÉTÉ HOLLANDAISE DES SCIENCES DE HAARLEM. Œuvres complètes de Christiaan Huygens, (volume XXII) .. 105
SUDBOROUGH, J. J., et JAMES, T. CAMPBELL. Practical Organic Chemistry .. 104
TROREY, L. G. Aerial Mapping and Photogrammetry .. 212
WARRINGTON, C. J. S., et NICHOLLS, R. V. V. (réalisé par). A History of Chemistry in Canada 105
WEEVERS, TH. Fifty Years of Plant Physiology .. 51
WIENER, NORBERT. Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine 52
WILLSTÄTTER, R. Aus meinem Leben (Publié par Arthur Stoll) .. 211
YONGE, C. M. The Sea Shore .. 52
ZENER, C. M. Elasticity and Anelasticity of Metals 52

Fait et imprimé en Grande-Bretagne par THE KYNOCH PRESS, *Witton, Birmingham, 6, pour les éditeurs,*
IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES LIMITED, *Londres, S.W.1*

ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès
des sciences au service du genre humain

VOLUME IX JANVIER 1950 NUMÉRO 33

Science, histoire et civilisation

Les progrès scientifiques du siècle actuel, entraînant à leur suite une spécialisation sans cesse grandissante, ont été si considérables qu'ils ont amené plus d'un savant à s'intéresser davantage à l'histoire de la science: comme si chacun, voyant son domaine s'étrécir de plus en plus, cherchait un repos intellectuel dans l'étude de ces annales copieuses et variées auxquelles il doit ajouter un nouveau chapitre. Ce réveil d'intérêt pour l'histoire des sciences faisant contrepoids à la spécialisation scientifique se manifeste dans nombre de pays sous forme de revues et de sociétés consacrées à ce genre d'études. Les universités ont d'ailleurs sanctionné le mouvement. La conséquence en est qu'il y a actuellement une forte tendance à croire que le fervent des humanités tout autant que celui des sciences peut trouver dans l'étude de l'histoire de la science un champ plus vaste à exploiter, en même temps qu'un terrain d'entente dans le domaine intellectuel. L'histoire de la science, en effet, aux deux points de vue, sciences et humanités, occupe une place prépondérante dans l'histoire de la civilisation.

L'encouragement donné à l'étude de l'histoire de la science par l'Université de Cambridge vaut d'être noté. En 1937 le Conseil de l'Université sanctionna une série de conférences hebdomadaires sur l'histoire de la science, échelonnées sur toute l'année scolaire et confiées à des spécialistes des divers sujets. En 1944 ces études reçurent une forte impulsion grâce au don fait à l'Université de la collection Whipple de livres et d'instruments scientifiques rares et d'un grand intérêt historique. A la cérémonie de présentation, Sir Henry Dale, alors président de la Royal Society, fit ressortir l'importance de l'étude de l'histoire de la science pour l'étudiant de lettres, tout autant que pour celui des sciences qui voudrait se faire une idée du côté humain de son travail.

Un mouvement analogue a été déclenché dans d'autres Universités de Grande-Bretagne et dans les pays d'outre-mer. A Cambridge récemment le Comité de l'Histoire de la Science pria le titulaire de la chaire d'histoire moderne de faire une douzaine de conférences sur l'histoire des activités scientifiques des temps modernes sous l'aspect d'une progression ininterrompue.

Dans ces magnifiques conférences qui viennent d'être publiées[1], le professeur Butterfield souligne le rôle des sciences dans l'évolution de la civilisation occidentale. Au point de vue strictement historique, il est d'avis que la révolution scientifique, qui élimina la philosophie scolastique et la physique d'Aristote, dépasse en portée tout ce qui s'est produit après l'avènement du Christianisme et réduit la Renaissance et la Réforme au rang de simples épisodes.

L'aube du 17e siècle fut aussi l'aube de la science moderne; mais l'origine de la révolution scientifique de cette époque remonte à très loin, plus loin même que l'époque de la Grèce Antique.

L'héritage scientifique des anciennes civilisations dont le gros parvint au monde occidental à l'époque de la Renaissance, fut transmis par la voie de la littérature et permit d'économiser plusieurs siècles d'efforts, car au moyen âge l'homme était pourvu d'une explication de l'univers physique et de la vie qui lui était tombée du ciel.

C'est la découverte de la loi de l'inertie qui a été le point de départ de la révolution scientifique: quand on l'eut acceptée, l'on abandonna la notion d'un univers actionné par d'invisibles mains en faveur d'un système pourvu d'un mouvement d'horlogerie automatique. Il a fallu néanmoins qu'un siècle et demi s'écoulât entre la publication du *De Revolutionibus Orbium* (1543) de Copernic et le moment où Newton a pu élaborer

[1] H. Butterfield, «The Origins of Modern Science», 1300–1800». x + 217 *pages. G. Bell & Sons Ltd., Londres.* 1949.

dans ses *Principia* (1687) la grande synthèse des principes fondamentaux de dynamique et de gravitation. C'est cette corrélation entre la mécanique et l'astronomie, entre le mouvement sur la terre et dans l'espace, qui est la base même de la révolution scientifique du 17e siècle. De même, dans le domaine de la biologie, le *De Fabrica* (1543) de Vesalius qui, publié la même année que l'œuvre maîtresse de Copernic, posa les fondaments de l'anatomie, inspira dans la suite l'ouvrage révolutionnaire de Harvey, *De Motu Cordis* (1628). Une ère nouvelle s'ouvrait pour l'étude des organismes vivants.

Le professeur Butterfield, faisant allusion à la portée purement scientifique de ces immenses progrès, fait la remarque que tout cela n'est qu'une parcelle de l'importance considérable qu'a eue la révolution scientifique, et, s'écartant un instant de son sujet principal, il parle des effets de cette nouvelle conception de l'univers et des organismes vivants sur la vie et la société de l'époque.

Un Français célèbre de ce temps se chargea de répandre dans le grand public les idées nouvelles: Fontenelle, le neveu de Corneille, et, d'après Voltaire, le génie universel le plus complet du siècle, entreprit un des premiers et avec succès la vulgarisation de la science. Cet écrivain remarquable, quasi-centenaire, fit la transition entre la révolution scientifique du 17e siècle et «l'âge de la raison» du 18e. Selon le professeur Butterfield ses *Eloges* constituent l'épopée de la révolution scientifique, et ses *Entretiens sur la Pluralité des Mondes* (1686) le premier ouvrage en France à initier le public lettré aux découvertes de la science d'une manière intelligible et amusante. La science d'aujourd'hui a grand besoin de tels interprètes, car il n'a jamais été aussi impérieux que l'homme moyen soit au courant de ce qu'elle fait, et comprenne la portée des nouvelles connaissances ainsi que la puissance qui pourrait en résulter.

Un fait curieux de l'histoire de la science est que la révolution scientifique du 17e siècle n'atteignit pas la chimie. L'opinion a été souvent émise que l'hypothèse erronée de la phlogistique a contribué grandement à retarder la révolution chimique jusqu'à la fin du 18e siècle. Toutefois, comme l'a fait remarquer un auteur récent, ce retard est dû principalement à l'ignorance où l'on était quant aux différents gaz et à la façon de les manipuler, ainsi qu'à l'idée rudimentaire qu'on se faisait alors de la transformation chimique. Il n'y avait aucun indice qui mît sur la voie de la composition de l'air, de l'air «fixé» (anhydride carbonique), ou de l'eau; et, tandis que l'air est l'aliment de la combustion, l'air fixé et l'eau résultent de la combustion de matières organiques.[1] Les travaux de Black, de Scheele, de Priestley et de Cavendish au cours de la 2e moitié du 18e siècle, marquèrent le début d'une ère nouvelle en disposant le public savant à reconnaître que l'air et l'eau sont des composés chimiques. Alors, comme si souvent dans l'histoire de la science, arriva un moment où l'on avait toutes les données en mains pour faire un grand pas en avant. C'est toutefois l'intelligence humaine qui oppose, en ces conjonctures, l'obstacle le plus puissant à toute réalisation: c'est là qu'intervient la loi d'inertie tout comme chez les corps inanimés. C'est Lavoisier, qui ne découvrit aucun élément, aucune propriété, ni aucun phénomène naturel, mais qui, entre 1700 et 1790, renversa les barrières qui jusque-là avaient arrêté tout progrès en chimie, et devint de ce fait l'initiateur de la science moderne.

George Sarton, le grand historien de la science, a écrit tout récemment: «il n'est que trop vrai que la plupart des hommes de lettres, et malheureusement plus d'un savant, ne connaissent de la science que ses réalisations matérielles; ils en méconnaissent l'esprit et n'en voient ni la beauté intérieure ni les belles choses qu'elle tire tous les jours du sein de la nature. . . . Un vrai humaniste doit connaître la vie de la science comme il connaît la vie de l'art et celle de la religion.»[2]

[1] J. Read, «Humour and Humanism in Chemistry». *Londres.* 1947.

[2] G. Sarton, «The Life of Science: Essays in the History of Civilization». *New-York.* 1948.

Rédacteur en chef: E. J. HOLMYARD, M.A., M.Sc., D.Litt., F.R.I.C.
Rédacteur adjoint: TREVOR I. WILLIAMS, B.A., B.Sc., D.Phil.
Pour les éditions étrangères: J. A. WILCKEN, B.Sc., Ph.D.

Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.1.
Prière d'adresser toute correspondance à la rédaction, 26 Dover Street, Londres, W.1.

La théorie de l'«état stationnaire» de l'univers en expansion

W. H. McCREA

D'après la théorie de l'«état stationnaire», la matière se crée maintenant à la même vitesse que dans le passé. L'article que voici passe en revue les difficultés des cosmologies précédentes que la nouvelle théorie paraît résoudre et ses réussites probables dans l'explication de certains caractères généraux de l'univers.

1. La théorie de l'«état stationnaire» de l'univers en expansion a été proposée en 1948 par H. Bondi et Gold [1]. Ils suggèrent que la création de matière est un processus continu qui se poursuit à la même vitesse statistique à toutes les époques avec la persistance d'une certaine densité statistique, par suite de la dispersion de matière due à ce qu'on appelle l'«univers en expansion».

L'UNIVERS EN EXPANSION

2. *Principes cosmologiques.* En gros, les théories de l'univers portent en première analyse sur des modèles, dans lesquels on remplace les concentrations de matière dans les étoiles, les galaxies, etc., de l'univers réel, par une répartition continue de «fluide», et les mouvements des corps sont représentés par le comportement hydrodynamique de ce fluide. On traite de même la distribution des radiations.

Les modèles doivent être également homogènes et isotropes. Voici ce que signifie l'homogénéité: un observateur A, qui se déplace avec le fluide, se construit en fonction de son expérience, une image du monde qui est la même que celle d'un autre observateur B, n'importe où ailleurs dans l'univers, à un instant quelconque de son expérience. A moins que l'univers ne soit dans un état de régime permanent, cela entraîne l'existence d'un temps cosmique et un instant donné du temps cosmique, est celui où tous les observateurs fondamentaux voient la même image. Ce qui est homogène en fait, est la totalité de l'espace, à un instant quelconque du temps cosmique. L'isotropie signifie que tout observateur fondamental voit l'univers radialement symétrique autour de lui-même.

On appelle aussi l'hypothèse d'homogénéité, principe cosmologique (CP), mais comme elle ne fait intervenir que l'espace et pas le temps, on peut l'appeler «CP restreint». Un univers homogène dans le temps, c'est-à-dire dans un état stationnaire, aussi bien que dans l'espace, satisfait, d'après Bondi et Gold, un CP parfait. Il ne s'ensuit pas que rien n'arrive dans cet univers, mais qu'il s'y passe toujours la même chose.

Quant à l'univers réel, on considère que l'examen des fragments accessibles à l'observation montre qu'il est en fait uniforme spatialement, si on l'observe statistiquement, à grande échelle. Notre problème principal est de savoir s'il est dans un état stationnaire, statistiquement.

3. *Univers modèles* [2]. Le premier modèle théorique de l'univers est celui qu'Einstein a proposé en 1917. A ce moment-là, on considérait comme évident, que l'univers dans son ensemble devait être dans un état stationnaire, au moins mécaniquement et c'est tout ce qui intéresse une théorie purement gravitationelle. Einstein remarqua que ses équations gravitationelles initiales n'admettaient pas de solution statique homogène. Seules les équations modifiées par les termes dits termes cosmiques, avec en coefficient la mystérieuse constante cosmique λ admettaient une solution statique. Le modèle qui en résulta est bien connu. C'est celui qui a conduit à des discussions sur un espace fini, mais illimité et la vision autour de l'univers.

La seule autre solution uniforme correspondant à un état de régime stationnaire est celle que découvrit, à peu près au même moment, De Sitter. C'est une solution non statique des équations d'Einstein modifiées. Mais, comme ces équations imposent la conservation de la matière, la matière de l'univers, dans son ensemble, ne peut être en mouvement et cependant conserver sa densité dans le temps, que si cette densité est nulle. L'univers de De Sitter est donc vide.

Friedmann d'abord (1922), puis Lemaître (1927) étudièrent des modèles uniformes ne correspondant pas à un état stationnaire. Comme conséquence immédiate de leur travail, Eddington

put déduire que l'univers statique de Einstein est instable vis-à-vis de certaines perturbations qui se produisent certainement dans l'univers réel. Par suite, l'univers n'est pas dans un état statique. Sa densité moyenne n'est pas nulle.

Les relativistes, en conséquence, poussèrent à fond l'étude de toutes les classes de solutions uniformes des équations d'Einstein, avec ou sans terme cosmique, qui ne conduisent pas à un état stationnaire. Toutes les solutions prédisent le phénomène de récession mutuelle des observateurs fondamentaux, avec une vitesse proportionnelle à leur distance (en tout cas en première approximation), c'est-à-dire l'expansion de l'univers.

Tandis qu'on arrivait à ces conclusions théoriques, les preuves d'observation de la récession des galaxies s'accumulaient et la loi de Hubble, que la vitesse de récession est proportionnelle à la distance, se dégageait comme un résultat expérimental. Aussi, ces conclusions furent-elles saluées comme un triomphe de la théorie de la relativité dont elles se déduisaient.

Ce fut presque une désillusion lorsque Milne suggéra [3] que la récession pouvait, en fin de compte, n'être pas différente du phénomène purement cinématique de dispersion, par exemple d'un nuage gazeux ou d'une poignée de grains répandue sur le sol. On peut montrer cependant que ceci est, en fait, le phénomène qu'étudie le traitement relativiste, soumis à la loi d'attraction mutuelle des diverses parties du système en dispersion, et aux conditions d'uniformité.

Milne lui-même suivit ses propres suggestions en développant son système de relativité cinématique [4]. En ce qui concerne les modèles de l'univers, cette théorie conduit à des analogues des modèles de la relativité généralisée. C'est donc un traitement théorique différent d'une même réalité physique.

La situation devint encore plus nette lorsque Milne [5] eut découvert un analogue newtonien dans un cas particulier, et que Milne et McCrea [6] se furent attachés à montrer qu'il existe des analogues newtoniens pour tous les modèles relativistes.

4. *Interprétation physique.* Il faut expliquer ces derniers résultats. Soit l'espace et le temps (t) newtoniens habituels. Soit O un observateur fondamental, R un point de l'espace tel que $OR = \mathbf{r}$, ρ la densité de la matière en R et $\mathbf{v}$ sa vitesse. Le CP restreint nécessite que $\mathbf{v}$ soit de la forme $V\mathbf{r}$ et que ρ et V soient indépendants de $\mathbf{r}$, V étant la constante de la récession.

O voit donc cet univers comme symétrique sphériquement autour de lui. Il procède alors à une application directe de la gravitation newtonienne pour un système de masse distribuée avec une symétrie sphérique et applique le principe de la conservation de la matière. Il obtient des équations différentielles pour ρ et V en fonction de t.

L'équation qui donne V n'est pas seulement analogue, mais formellement identique à l'équation correspondante des modèles relativistes, avec $\lambda = 0$. Les théories ne diffèrent que dans leur aspect géométrique. Les trois types de modèles qui se déduisent du traitement relativiste, se révèlent identiques à ceux qu'un observateur O décrirait en disant que la matière à la distance $\mathbf{r}$ a une vitesse d'échappement supérieure, égale ou inférieure à la vitesse d'échappement newtonienne.

Enfin, les opérations relativistes avec $\lambda \neq 0$ sont reproduites par le modèle newtonien, si O admet l'existence, en plus de la gravitation newtonienne, d'une force de répulsion cosmique $\frac{1}{3}c^2\lambda\mathbf{r}$ (où c est la vitesse de la lumière, le coefficient $\frac{1}{3}c^2$ n'est introduit que pour suivre la pratique relativiste habituelle) [7]. De plus, on peut montrer que l'addition d'un terme de cette forme est la seule modification de la gravitation newtonienne qui permette de rester en accord avec le CP restreint.

Nous connaissons ainsi, dans un langage facile à comprendre, l'état de choses physique que représente chaque modèle particulier et nous savons que les phénomènes physiques sont essentiellement les mêmes, que le modèle sorte de la relativité généralisée, de la relativité cinématique ou de la théorie newtonienne (que nous appellerons les théories datives). De plus, on trouve que les caractéristiques observables prévisibles d'un modèle et de ses analogues dans les diverses théories, ne diffèrent, d'une théorie à l'autre, que dans les termes d'ordre supérieur ou égal au second. Ceci est embarrassant pour décider par l'observation des mérites relatifs des théories, mais a cet avantage que les divergences mathématiques entre les traitements ne changent pas trop les conclusions des comparaisons aux données d'observation. Si on rencontre des difficultés dans l'interprétation des observations suivant l'une ou l'autre des théories, ces difficultés sont presque certainement dues à ce que nos concepts ne sont pas adéquats et ne seront pas surmontées simplement en changeant le traitement mathématique de ces concepts.

5. *Comparaison avec l'observation.* Hubble [8] a étudié très complètement l'adaptation d'un modèle relativiste aux données d'observation. Il trouve que le modèle le mieux adapté (avec

quelques incertitudes dans la réduction des observations) est extrêmement peu plausible pour des raisons d'ordre général.

Hubble fut si impressionné par l'impossibilité d'obtenir un accord quantitatif satisfaisant, qu'il se sentit contraint de remettre en question l'interprétation fondamentale des variations spectrales des galaxies comme corollaires de variations de vitesse. Mais cette façon de résoudre la difficulté est difficilement acceptable, parce qu'il n'y a pas d'autre interprétation en perspective [9] et aussi parce que l'interprétation habituelle correspond qualitativement à l'effet prévu par toutes les théories; ce serait curieux si alors cette interprétation n'était que partiellement applicable.

6. *Nouvelles difficultés.* Avec l'interprétation habituelle des variations spectrales la loi de Hubble s'énonce (avec une approximation suffisante)

Vitesse de récession de la galaxie

$$= 1{,}8 \cdot 10^{-17} \cdot \text{(distance en cm) cm/sec} \quad .. \quad (1)$$

Par conséquent, si la galaxie s'était déplacée d'une façon uniforme, sa distance aurait été zéro, il y a $(1{,}8 \cdot 10^{-17})^{-1}$ sec ou environ $1{,}8 \cdot 10^{9}$ années, quelle que soit sa distance actuelle.

C'est la façon la plus grossière possible d'estimer l'âge de l'univers. Tous les modèles déjà envisagés conduisent, toutefois, approximativement à la même conclusion: il y a environ $2 \cdot 10^{9}$ années, toute la matière de l'univers était étroitement rassemblée (ou alors était dans l'état d'un univers statique de Einstein, où aucune évolution précédente n'avait eu lieu).

Or, on sait que l'âge des plus vieilles roches de la Terre est lui-même voisin de $2 \cdot 10^{9}$ années. Encore récemment on pensait que toutes les étapes de l'évolution de la Galaxie, avant celle où la terre s'est formée, auraient pu se succéder rapidement en bien moins que 10^{9} années, dans l'état congestionné où se serait trouvé l'univers à ces époques. Aussi, on ne trouvait pas curieux qu'en première approximation, l'âge de la Terre fut le même que celui de l'univers. En fait, ces résultats et d'autres quelque peu similaires s'accordaient favorablement, pensait-on, avec l'âge supposé de l'univers.

Au contraire, d'après les idées récentes sur l'évolution stellaire, on estime que l'âge des plus vieilles étoiles de la Galaxie est d'environ $5 \cdot 10^{9}$ années. On revient, en fait, à l'opinion du sens commun, que la Terre est considérablement plus jeune que beaucoup d'étoiles. Il se trouve que les chiffres donnés ont peu de chance d'être beaucoup modifiés dans le cadre des théories correspondantes. Aussi devons-nous conclure que la théorie habituelle de l'univers en expansion est incapable de nous fournir un temps assez long pour l'évolution de son contenu.

Les autres difficultés sont métaphysiques. D'abord, les théories datives permettent un certain nombre de modèles différents possibles théoriquement dans l'univers. Mais lorsqu'il s'agit de l'univers entier, on ne voit pas en quel sens un quelconque des systèmes, s'il n'est un système unique, peut être physiquement possible: une théorie complètement satisfaisante doit conduire à un modèle unique (en admettant qu'une théorie d'un système unique soit convenable).

En second lieu, Bondi et Gold ont insisté sur ce point: les lois physiques sont énoncées en supposant que les circonstances auxquelles elles s'appliquent sont reproductibles d'une façon illimitée. Ceci ne peut tenir dans un univers changeant que si le laboratoire où les circonstances nécessaires sont reproduites, peut être considéré, d'une façon légitime, comme isolé du reste de l'univers. Si nous admettons le principe de Mach, que les propriétés de toute partie de l'univers sont déterminées par le contenu de tout l'univers, cette dernière condition ne peut être satisfaite.

7. *Echelle du temps.* On pouvait concevoir un moyen d'échapper à certaines de ces dernières difficultés en employant, comme Milne, deux échelles du temps. Dans le développement de sa relativité cinématique, il est conduit à employer une autre mesure τ proportionnelle au logarithme du temps cosmique t. Aussi l'époque de la création, $t = 0$, devient, dans son échelle, $\tau = -\infty$. Il conclut finalement [10]: «Il apparaît ainsi que le paradoxe auquel arrive la physique contemporaine en discutant l'âge de l'univers . . . est dû à la confusion de deux échelles de temps. . . . Les énoncés qui ont trait à la mécanique newtonienne, ou à la gravitation newtonienne, sont donnés, en général en fonction de l'échelle τ. Les énoncés qui concernent . . . la théorie électro-magnétique de Maxwell, doivent employer l'échelle t».

Dirac [11], cherchant à résoudre le même problème introduit aussi la notion de deux échelles du temps, mais sa transformation diffère de celle de Milne.

COSMOLOGIE ET CRÉATION

8. *Création.* Toutes les théories précédentes supposent la conservation de la matière; elles la considèrent comme donnée et évitent de s'occuper de sa création. Comme le fait remarquer Hoyle [12], ceci est admissible si toute la matière a été créée dans un passé lointain mais non si sa création a fait l'objet d'un processus continu.

Quant à savoir s'il y a création de matière au moment présent, c'est indépendant de toute théorie cosmologique. Mais si la création est en progrès, le taux doit en être si bas qu'il n'y a aucune chance d'observer le processus directement.

Ce que l'on a dit des théories datives laisse peu d'espoir qu'on puisse remédier à leurs imperfections apparentes en traitant de façon différente l'espace, le temps et la gravitation. Dans ces conditions leur imperfection doit tenir à leur façon de traiter la matière. Mais tout ce qu'elles supposent sur la matière est sa conservation. Il est à présumer que c'est là le postulat non valide. Toute recherche nouvelle sur la possibilité d'un univers stationnaire revient à chercher les effets de l'abandon de ce postulat. Autrement, l'état stationnaire serait incompatible avec l'expansion. Aussi, toute la discussion précédente nous amène maintenant à examiner la possibilité d'une création continue.

On y avait déjà songé. Dans un passage bien connu, Jeans [13] conjecturait que les centres des galaxies pourraient être les endroits où la matière se déverse dans notre univers. Dans une version préliminaire [14] de ses «Bases nouvelles de la cosmologie», Dirac arrivait à un taux de création des protons et des électrons proportionnel à t.

Bondi et Gold [1], et Hoyle [15] ont donné un fort argument dans ce sens et ont été les premiers à en relier les possibilités aux problèmes généraux d'astrophysique et de cosmologie. P. Jordan est arrivé indépendamment à la même conclusion: il faut postuler une création continue de matière. Un compte-rendu [19] de ses idées, sous une forme plus accessible que dans la publication originale, est paru depuis la rédaction de cet article. Toutefois, son interprétation s'éloigne plus des théories astrophysiques courantes que celle des auteurs cités ci-dessus.

9. *Processus de création.* Dans la construction d'un univers modèle théorique, où la matière se crée continuellement et qui correspond aux modèles datifs précédents, le processus de création est traité comme estompé dans l'espace et le temps. Le modèle conduira ainsi à des conclusions indépendantes des détails du processus de création.

Toutefois, il convient maintenant de dire quel est le processus réellement envisagé. Les auteurs cités suggèrent ceci:

(*a*) C'est la création spontanée d'*atomes d'hydrogène* (ou de protons et d'électrons, ou de neutrons, qui donneront immédiatement de l'hydrogène atomique). Ceci parce que l'hydrogène est le plus simple et le plus répandu des éléments et il y a des preuves astrophysiques d'une synthèse de tous les autres éléments à partir de l'hydrogène.

(*b*) Elle se fait au hasard dans l'espace, étant indépendante (au moins en première approximation) des conditions physiques locales. Aussi elle n'est pas associée aux régions déjà existantes de concentration de matière. Ceci parce que les processus de condensation et d'agglomération semblent plus fondamentaux en astrophysique que les processus opposés.

(*c*) La matière nouvellement créée est statistiquement en repos par rapport à son voisinage cosmique. Décrite par un observateur quelconque, elle doit, par suite, avoir la vitesse caractéristique de récession qu'il associe à sa position.

Remarquons qu'il ne peut y avoir de traitement causal au sens physique de la création véritable. C'est presque une question de définition. Si la création de matière est causée, comme on peut le concevoir, par les conditions physiques existantes, alors la création réelle est la création de ces conditions et nous ne devrions pas essayer d'en donner une théorie physique.

10. *Univers modèle avec création.* Pour avoir un modèle défini pour fonder nos discussions consécutives, nous acceptons provisoirement le CP parfait. De même nous emploierons le temps et l'espace newtonien.

Le premier paragraphe de la Section 4 tient toujours, puisque le CP restreint est inclus dans le CP parfait. Mais ce dernier demande en plus que l'univers soit dans un état stationnaire: donc ρ et V doivent être aussi indépendants de t, c'est-à-dire que ce sont des constantes universelles (que nous choisirons positives). La vitesse à laquelle la matière s'échappe de la sphère de rayon $r = |\mathbf{r}|$ est $4\pi r^3\rho V$ par unité de temps. Mais d'après le CP parfait, la masse à l'intérieur de la sphère doit rester stationnaire, par suite la matière doit se créer à la vitesse μ, avec:

$$\mu = 4\pi r^2\rho V/\tfrac{4}{3}\pi r^3 = 3\rho V \quad .. \quad (2)$$

par unité de volume et par unité de temps.

De la matière s'éloignant de O à une vitesse supérieure à la vitesse de la lumière ne pourrait être observée par O. Par suite, O place la limite de son univers théoriquement observable à la distance R où la vitesse de récession est c, c'est-à-dire:

$$R = c/V \quad .. \quad .. \quad .. \quad (3)$$

La masse M, située à une distance moindre est:

$$M = \tfrac{4}{3}\pi\rho R^3 = \tfrac{4}{3}\pi\rho(c/V)^3 \quad .. \quad (4)$$

Tout observateur fondamental décrira par conséquent l'univers comme ayant un rayon R et une

masse M. Malgré la création continue de matière, remarquons que la masse de l'univers se conserve.

L'accélération d'une particule de vitesse $V\mathbf{r}$ est $V^2\mathbf{r}$. L'observateur O qui applique la gravitation newtonien à une distribution sphérique symétrique de densité ρ, lui attribue une accélération due à la gravité $-\frac{4}{3}\pi\gamma\rho\mathbf{r}$. Par conséquent, il doit postuler l'existence d'une force répulsive par unité de masse, égale à $\frac{1}{3}c^2\lambda\mathbf{r}$, avec les notations de la Section 4 et:

$$\lambda = 3(V/c)^2 + 4\pi\gamma\rho/c^2 \quad .. \quad (5)$$

Par conséquent le modèle nécessite une constante cosmique non nulle, au moins pour ce type de description mécanique. Ainsi, cette description ne donne pas de relation entre V et ρ seulement.

Remarquons alors que O évaluerait la vitesse d'échappement newtonienne de la matière à la distance r comme égale à: $\{2(\frac{4}{3}\pi\gamma\rho r^3)/r\}^{\frac{1}{2}}$. Puisque la matière à cette distance a la vitesse Vr, il dirait que la matière à une distance quelconque a la vitesse d'échappement si:

$$\rho = 3V^2/8\pi\gamma \quad .. \quad .. \quad (6)$$

La relation (6) est une conséquence de la théorie de Hoyle (section 12); mais comme il le fait remarquer, on doit s'attendre à quelque chose de ce genre pour des raisons d'ordre général. Car si la vitesse est moindre que la vitesse d'échappement, avec les idées de gravitation, on ne doit pas s'attendre à voir subsister l'idée de récession. Au contraire, si la vitesse était beaucoup plus grande, on ne s'attendrait pas à la formation de condensations (galaxies) (section 13). De plus, les données d'observation rendent plausible la valeur numérique de ρ donnée par (6) [16]. Aussi, bien que (6) ne soit pas une conséquence nécessaire du modèle, nous l'adopterons ici.

On donne les résultats numériques dans le tableau I. On donne aussi dans la colonne 1 l'expression des autres constantes en fonction de V, obtenues en portant (6) dans les relations (2), (4) et (5).

11. *Discussion.* La seule valeur empirique est celle de V tirée de (1). Nous avons déjà cité Hoyle à propos de la vraisemblance de la valeur de ρ. Quant à la valeur de μ, elle correspond à la création d'environ 500 atomes d'hydrogène par kilomètre cube et par an, d'où il ressort que l'observation directe serait impossible.

Il existe une possibilité intéressante d'obtenir une confirmation globale des chiffres trouvés. Dirac a proposé ce principe de cosmologie: S'il y a deux nombres très grands sans dimensions quelconques dans la Nature, ils sont liés par une relation mathématique simple, dont les coefficients sont de l'ordre de l'unité. Il en déduit que si N est l'un quelconque de ces nombres, tout autre sera, en première approximation une petite puissance entière de N multipliée par un facteur de l'ordre de l'unité.

D'après Dirac, les nombres convenables sont

TABLEAU I

Constantes de l'univers modèle

Constante de récession	V	$1{,}8\cdot10^{-17}$ sec^{-1}	$V\mathcal{T} = bN^{-1}$
	b	0,38	
Densité	$\rho = \frac{3}{8\pi}\frac{V^2}{\gamma}$	$5{,}8\cdot10^{-28}$ g/cm^3	$\rho\frac{\mathcal{L}^3}{\mathcal{M}} = \frac{3b^2}{8\pi}N^{-1}$
Taux de création	$\mu = \frac{9}{8\pi}\frac{V^3}{\gamma}$	$3{,}1\cdot10^{-44}$ g/cm^3/sec.	$\mu\frac{\mathcal{L}^3\mathcal{T}}{\mathcal{M}} = \frac{9b^3}{8\pi}N^{-2}$
Constante cosmique	$\lambda = \frac{9}{2}\frac{V^2}{c^2}$	$1{,}6\cdot10^{-54}$ cm^{-2}	$\lambda\mathcal{L}^2 = \frac{9}{2}b^2N^{-2}$
Rayon de l'univers observable ..	$R = \frac{c}{V}$	$1{,}7\cdot10^{27}$ cm	$\frac{R}{\mathcal{L}} = \frac{1}{b}N$
Masse de l'univers observable ..	$M = \frac{1}{2}\frac{c^3}{\gamma V}$	$1{,}1\cdot10^{55}$ g	$\frac{M}{\mathcal{M}} = \frac{1}{2b}N^2$

$\mathcal{L}$, $\mathcal{M}$, N, et $\mathcal{T}$ représentent des unités Dirac; voir tableau II.

obtenus en exprimant les caractéristiques de l'univers en unités physiques: on voit sur le tableau II, celles qu'il choisit. Le nombre N qu'il emploie comme standard de comparaison, est le rapport de l'attraction électrique à l'attraction de gravitation entre un proton et un électron.

On a fait remarquer plusieurs fois que le produit de la constante de récession V par l'unité de temps employée par Dirac, donne un nombre sans dimension de l'ordre de N^{-1}. Si nous écrivons ce produit bN^{-1}, les autres constantes de notre modèle donnent les nombres de la colonne 3 du tableau I. Les coefficients sont de ceux que Dirac considère comme de l'ordre de un dans le contexte. Nous pouvons donc affirmer que notre modèle est conforme au principe de Dirac.[1]

Cette conformité au principe montre aussi que les caractéristiques de l'univers sont liées aux constantes atomiques fondamentales. C'est ce à quoi nous devons nous attendre si le comportement de l'univers est déterminé par le processus de création, c'est-à-dire, par un processus atomique [17].

Enfin, il est important de remarquer que, bien que le modèle conduise à un univers infiniment vieux dans un état stationnaire, il permet d'échapper automatiquement à la conclusion qu'un tel univers doit être arrivé à l'équilibre thermodynamique.

12. *Théorie du champ de force.* Ce modèle donne seulement une vue d'ensemble préliminaire de ce que l'on peut attendre d'une théorie cohérente qui tiendra compte des nouveaux concepts. Hoyle [12, 15] a essayé de bâtir une telle théorie en tâchant de construire des équations du champ de force aussi proches que possible de celles d'Einstein, sans entraîner la conservation de la matière. Le modèle qui en découle a exactement les mêmes caractéristiques que ci-dessus. La seule exception est qu'il se passe de la constante cosmique λ; ceci est satisfaisant puisque nous n'avons dû introduire la constante que pour donner une description purement newtonienne des phénomènes.

De plus, les calculs de Hoyle, comme ceux de Bondi et Gold donnent, comme métrique de l'espace-temps, dans le sens d'une représentation des trajets lumineux par des géodésiques d'ordre zéro, celle de l'univers de De Sitter. Mais puisqu'on se passe des équations d'Einstein, il n'est pas question d'obtenir un univers vide.

ÉVOLUTION DES GALAXIES

13. *Galaxies.* Nous arrivons à des considérations qui dépassent la conception d'un univers entièrement uniforme. Toutes les théories cosmologiques estiment, d'un commun accord, qu'une galaxie représente le type initial de concentration de matière. C'est à propos de l'évolution de ces concentrations, que les nouvelles idées promettent le plus de résultats et permettent les vérifications les plus poussées.

D'après ces idées, le nombre n de galaxies par unité de volume est statistiquement constant. La matière récemment créée tendra, en général, à tomber dans la galaxie la plus proche. Aussi toute galaxie s'accroît par agglomération. Mais comme la création est continue dans tout l'espace, il y a toujours une distribution intergalactique de matière.

Or, il doit y avoir des fluctuations de densité dans cette matière intergalactique, dues aux hasards du processus créateur, aux irrégularités du champ de gravitation, etc. . . . Une fluctuation assez élevée au-dessus de la densité moyenne s'accroîtrera d'elle-même par agglomération. Aussi la récession mutuelle des galaxies existantes est compensée par la naissance de nouvelles, ce qui maintient n constant.

Considérons encore le modèle de la section 10.

[1] Nous en convenons, les caractéristiques du modèle sont liées de telle façon par les relations (2)–(6) que si certaines vérifient le principe de Dirac, il en est de même pour les autres. Mais c'est, en partie, où nous voulons en venir: nous n'avons pas introduit de caractéristiques qui violent le principe.

TABLEAU II

«Unités Dirac»

Temps	$\mathcal{T}$	$\frac{e^2}{mc^3}$	$\gamma\frac{\mathcal{M}N}{c^3}$	$0{,}94\cdot10^{-23}$ sec
Distance	$\mathcal{L}$	$\frac{e^2}{mc^2}$	$\gamma\frac{\mathcal{M}N}{c^2}$	$2{,}8\cdot10^{-13}$ cm
Masse	$\mathcal{M}$	$\mathcal{M}$	$\mathcal{M}$	$1{,}7\cdot10^{-24}$ g
Nombre sans dimension	N	$\frac{e^2}{m\mathcal{M}\gamma}$	N	$2{,}3\cdot10^{39}$

e, m = charge et masse électronique; $\mathcal{M}$ = masse du proton.

Puisque la vitesse à la distance **r** de O est $V\mathbf{r}$, les nébuleuses à la distance r à l'instant $t + T$ étaient à la distance re^{-VT} à l'instant t. Soit $nf(a)$ le nombre de galaxies par unité de volume d'âge supérieur à a. A l'instant t, leur nombre, à l'intérieur d'une sphère de rayon r est $\frac{4}{3}\pi r^3 nf(a)$. A l'instant $t + T$, le nombre dans la même sphère est le nombre de celles qui à l'instant t avaient un âge supérieur à $a - T$, et se trouvaient à l'intérieur d'une sphère de rayon re^{-VT}, c'est-à-dire $\frac{4}{3}\pi r^3 ne^{-3VT} f(a - T)$.

Mais c'est le même qu'à l'instant t, d'où:

$$f(a) = e^{-VT} f(a - T)$$

ce qui donne $f(a) = e^{-3Va}$ .. .. (7)

puisque, par définition $f(0) = 1$. Donc, il y a par unité de volume un nombre de galaxies d'âge égale ou supérieur à a qui est ne^{-3Va}; il y en a d'âge compris entre a et $a + da$, $3nVe^{-3Va}da$, et l'âge moyen est:

$$3V\int_0^\infty ae^{-3Va}da = 1/3V \approx 6\cdot 10^8 \text{ années.}$$

Mais il y a une autre question: quel doit être l'âge d'une galaxie pour que l'on puisse l'observer? Nous devons penser que l'âge moyen des galaxies visibles est sensiblement plus grand que le résultat du calcul.[1] Celui-ci est alors un résultat plausible.

La théorie en question prévoit un mélange de galaxies d'âges variés à toute distance d'un observateur. Au contraire, les théories datives prévoient que toutes les galaxies ont le même âge t au temps cosmique t. On les voit d'ailleurs à un âge antérieur d'autant plus qu'elles sont plus éloignées de l'observateur. Cette différence devrait rendre possible une discrimination par l'observation entre les théories, lorsqu'on aura déterminé les critères observationnels de l'âge. Voici maintenant quelques données numériques intéressantes. Rappelons d'abord les valeurs:

Distance moyenne [18]
entre galaxies voisines .. $2l = 1{,}2\cdot 10^{24}$ cm
Masse de la Voie Lactée .. $M_0 = 5\cdot 10^{44}$ g
Age de la Voie Lactée .. $T_0 = 5\cdot 10^9$ années.

Les valeurs de l et M_0 sont généralement acceptées, d'après les résultats d'observation; on a mentionné la valeur de T_0 dans la section 6.

Avec les valeurs de ρ et μ du tableau I, on trouve comme masse moyenne M_1, à l'intérieur d'une sphère de rayon l, et comme masse totale M_2, créée à l'intérieur de cette même sphère pendant le temps T_0:

$$M_1 = 5{,}2\cdot 10^{44} \text{ g}, \quad M_2 = 4{,}4\cdot 10^{45} \text{ g}.$$

De même la durée T_1 de la chute libre, sous l'effet de l'attraction de la masse M_0, de la distance l à une distance petite vis-à-vis de l, est:

$$T_1 = \tfrac{1}{2}\pi(l^3/2\gamma M_0)^{\frac{1}{2}} \approx 2{,}8\cdot 10^9 \text{ années.} \quad (8)$$

M_0 et M_1 sont de même ordre: d'une façon générale on peut admettre sans absurdité une sphère de rayon l autour de la galaxie comme «sphère d'influence». Ceci est confirmé du fait que T_0 et T_1 sont du même ordre, si bien que la galaxie pourra réellement, au cours de sa vie, capturer de la matière à l'intérieur d'une telle sphère. Il faut bien sûr nous souvenir que la valeur de M_0 à employer dans (8) aurait été plus faible dans le passé. Aussi, une fraction considérable de la matière M_2 n'aurait pas eu le temps de tomber sur la galaxie et une autre fraction se sera échappée de sa sphère d'influence. Il est donc satisfaisant de trouver que M_2 est beaucoup plus grand que M_0.

Ces comparaisons élémentaires montrent que les temps et les masses mises en jeu sont compatibles avec l'idée que la «Voie Lactée» s'est formée par agglomération, comme l'envisage la présente théorie.

Enfin, remarquons que l'on considère en général la Voie Lactée comme un géant parmi les autres galaxies dont on estime, suivant les cas, la masse moyenne, de 1/10 à 1/100 de M_0. Les chiffres donnés ci-dessus montrent aussi qu'elle est assez vieille par rapport à la moyenne. Cette association entre masse et âge vient qualitativement à l'appui de l'idée d'une formation par agglomération.

14. *Touffes de galaxies.* Il semble que la majorité des galaxies soient des individus isolés, cependant, elles peuvent aussi apparaître en associations, depuis de groupes de plusieurs membres (notre Voie Lactée appartient au groupe local d'environ douze membres) jusqu'à des touffes de plusieurs centaines.

Bondi et Gold affirment que cette tendance à se grouper en touffes est un argument en faveur de la théorie de l'état stationnaire qui en rend compte tout naturellement. Ils expliquent la formation de

[1] Si $2l$ est la distance moyenne entre une galaxie et son plus proche voisin il ne peut naître de nouvelle galaxie qui reste distincte et soit à une distance très inférieure à l de la galaxie de O. Cette galaxie s'éloignerait en général jusqu'à la distance R dans le temps $(1/V)\log_e(R/l) \approx 1{,}4\cdot 10^{10}$ années, avec la valeur observée: $l \approx 6\cdot 10^{23}$ cm et V et R tirés de la table I. Par suite, O ne peut espérer voir de galaxies plus âgées que la sienne, ou une galaxie attachée à la sienne par gravitation. Ce raisonnement est dû à Hoyle (*l.c.*). Mais, d'après (7), il n'y a qu'une galaxie sur 1000 millions d'âge supérieur, donc le raisonnement ne change pas nos conclusions.

touffes, dans son principe, comme nous avons expliqué la formation des galaxies elles-mêmes. Tout comme une répartition désordonnée d'atomes doit tendre à former des agglomérations par suite de l'instabilité gravitationnelle dont nous avons parlé, une répartition désordonnée des galaxies doit tendre à former des agglomérations, c'est-à-dire des touffes, par le même processus.

Pour ces auteurs, le temps nécessaire pour qu'on observe une agglomération en touffes est celui qu'il faut à deux galaxies pour tomber l'une sur l'autre à partir d'une distance de l'ordre de $2l$. Si les deux masses sont voisines de celle de la Voie Lactée, il faut environ $6 \cdot 10^9$ années, si elles sont chacune voisines de 1/10 de cette masse, il faut environ $1{,}7 \cdot 10^{10}$ années. Après un tel intervalle, d'autres galaxies peuvent se trouver capturées à un rhythme croissant. Aussi, les durées en question sont à peu près justement celles que permettent les idées que nous avons développées ici sur l'âge des galaxies elles-mêmes. Comme argument supplémentaire, Hoyle dit que comme notre Galaxie est d'âge moyen, on doit s'attendre à la voir dans un état moyen d'association, ce qui est effectivement le cas.

Il faudra manifestement pousser beaucoup plus loin les recherches, en particulier pour traiter le problème de l'accroissement parallèle des touffes et de la masse des galaxies composantes. Néanmoins, ce sont ces hypothèses qui semblent promettre le plus de toutes celles qu'on a avancées pour résoudre ces problèmes. On ne peut les juger pour le moment qu'en comparant leurs résultats à ceux des calculs antérieurs: le phénomène d'agglomération en touffes demandait jusqu'à 10^{12} années dans un univers dont on avait fixé l'âge à $2 \cdot 10^9$ années.

VUE D'ENSEMBLE

15. Dans son état actuel, la théorie cosmologique donne probablement au physicien théoricien, l'impression d'une branche fort peu satisfaisante. La relativité généralisée apporte une théorie élégante de l'univers en expansion, mais quand les cosmologues veulent contrôler ses affirmations par l'observation, ils emploient ou des hypothèses physiques non vérifiées (à propos des déplacements spectraux) ou des artifices mathématiques comme l'emploi de deux échelles du temps et le traitement de constantes universelles comme des variables séculaires. On peut trouver que l'hypothèse de la création n'est qu'un expédient de plus. Malgré la nécessité évidente d'un travail plus approfondi, on peut affirmer cependant qu'elle est d'un autre ordre.

D'abord en permettant une théorie stationnaire de l'univers, elle diminue les difficultés métaphysiques et observationnelles des autres théories. Ensuite elle donne également une solution aux problèmes astrophysiques plus courants, sur la formation des galaxies et systèmes de galaxies. Elle a aussi un rapport étroit entre la détermination de la composition chimique des galaxies. Enfin, le processus créateur étant en lui-même par hypothèse un processus atomique, il permettra d'arriver si cela se confirme, aux relations fondamentales entre cosmologie, astrophysique et physique atomique. D'une façon générale, la création de l'univers physique quels que soient son processus et son ancienneté, doit manifestement faire intervenir des relations entre ces sciences. Mais si nous admettons l'hypothèse de Bondi et Gold que le processus se continue dans tout l'espace, comme il c'est toujours continué, nous avons bon espoir de comprendre cette dépendance.

BIBLIOGRAPHIE

[1] BONDI, H., et GOLD, T. *Mon. Not. R. Astr. Soc.*, **108**, 252, 1948.

[2] ROBERTSON, H. P. *Rev. Mod. Phys.*, **5**, 62, 1933.
TOLMAN, R. C. «Relativity, Thermodynamics and Cosmology», Section x. Oxford. 1934.
HECKMANN, O. «Theorien der Kosmologie». Berlin. 1942.
BONDI, H. *Mon. Not. R. Astr. Soc.*, **108**, 104, 1948.

[3] MILNE, E. A. *Nature*, **130**, 9, 1932.

[4] *Idem.* «Relativity, Gravitation and World-structure». Oxford. 1935. «Kinematic Relativity». Oxford. 1948.

[5] *Idem. Quart. J. Math.* (Oxford Series), **5**, 64, 1934.

[6] MCCREA, W. H., et MILNE, E. A. *Ibid.*, **5**, 73, 1934.

[7] *Idem. Ibid.*, **5**, 73, 1934, équation (21).

[8] HUBBLE, E. B. «The Realm of the Nebulae». Oxford. 1936. «The Observational Approach to Cosmology». Oxford. 1937.
HECKMANN, O. «Theorien der Kosmologie», Ch. 17. Berlin. 1942.

[9] MILNE, E. A. «Kinematic Relativity», § 137. Oxford. 1948.

[10] *Idem. Ibid.*, §§ 253, 247–8.

[11] DIRAC, P. A. M. *Proc. Roy. Soc.*, A, **165**, 199, 1938.

[12] HOYLE, F. *Mon. Not. R. Astr. Soc.*, **109**, 365, 1949.

[13] JEANS, J. H. «Astronomy and Cosmogony», 352. Cambridge. 1928.

[14] DIRAC, P. A. M. *Nature*, **139**, 323, 1937.

[15] HOYLE, F. *Mon. Not. R. Astr. Soc.*, **108**, 372, 1948. *Nature*, **163**, 196, 1949. *The Listener*, **41**, 567, 1949.

[16] *Idem. Nature, loc. cit.*

[17] *Idem. Mon. Not. R. Astr. Soc.*, **108**, 381–2, 1948.

[18] WALDMEIER, M. «Einführung in die Astrophysik», 322. Bâle. 1948.

[19] JORDAN, P. *Nature*, **164**, 637, 1949.

La vie entre les laisses de marée haute et de marée basse en Amérique du Nord

T. A. et ANNE STEPHENSON

Le Professeur et Mme Stephenson s'occupent depuis de longues années de reconnaître l'œcologie des zones intercotidales; cette étude les a conduits non seulement tout le long des côtes des îles Britanniques mais également en Australie, en Afrique du Sud, à l'île Maurice et en Amérique du Nord. Dans cet article ils décrivent certaines des observations qu'ils ont faites lors de deux expéditions récentes en Amérique du Nord au cours desquelles ils ont parcouru environ 25 000 km.

L'ouvrage le plus complet sur la mer en tant qu'environnement pour les organismes est sans contredit «The Oceans», par Sverdrup, Johnson et Fleming, édité en 1942. Ce livre nous présente de façon excellente la somme de nos connaissances au sujet des mers et il traite également des plantes et des animaux qui y vivent; par contre, il nous apprend très peu sur la vie dans la zone délimitée par la marée haute et la marée basse. D'un autre côté, l'ouvrage le plus complet qui ait été écrit sur la vie animale dans la mer («Tiergeographie des Meeres», par Sven Ekman, 1935) traite de la mer et du fond sous-marin en général, et bien qu'une partie du dernier sujet s'applique aussi à la région intercotidale, cette région n'est pas envisagée séparément comme telle. Il n'existe pas d'ouvrage général traitant de la biologie des plantes marines dans le monde, bien que certains chapitres des livres concernant la répartition de ces plantes soient consacrés spécialement à la morphologie des algues (par ex. «The Structure and Reproduction of the Algae», par Fritsch, 1945). Quant à la bibliographie de la zone intercotidale même, si vaste qu'elle soit, elle traite de questions de détail plutôt que de vues d'ensemble. On voit donc que si l'on peut énumérer nombre d'ouvrages ayant trait à la classification d'espèces côtières, à la biologie de plantes et d'animaux particuliers ou à l'œcologie de petites régions (et surtout de très petites) on en trouve peu, par contre, qui fassent de l'œcologie à grande échelle; la seule exception, et elle est digne de remarque, est l'ensemble des nombreux mémoires de Fischer-Piette sur les côtes de la Manche. Il a paru aussi une quantité de livres sur la vie le long des rivages; mais aucun d'entre eux n'essaie de brosser de cette vie un tableau universel comparable à celui que nous donnent déjà pour la vie dans les eaux du large les livres précités.

De notre côté, nous avons toujours eu pour but de faire tout notre possible en vue de présenter un tableau plus large de l'œcologie que ceux qui existent déjà, et depuis trente ans nous travaillons à cette fin en Grande-Bretagne, en Australie, en Afrique du Sud, à l'île Maurice et en Amérique du Nord. Au cours des dix années que nous avons passées en Afrique du Sud (1931–40) nous avons organisé une étude côtière à laquelle ont collaboré une douzaine de chercheurs plus jeunes. Nous fûmes à même ainsi de publier en une cinquantaine de mémoires le tout premier relevé œcologique général d'une côte de plus de 3 000 km; les références se trouvent dans les *Annals of the Natal Museum*, vol. XI, 1948. Au cours de ce relevé nous avons visité une centaine d'endroits côtiers entre l'embouchure du fleuve Orange à l'ouest, et la frontière de l'Afrique Orientale Portugaise à l'est; et toujours, au cours de cette étude, nous avons envisagé les plantes et les animaux ensemble, sous l'angle de leurs rapports réciproques. Cette entreprise a fait naître deux autres projets, et nous espérons bien pouvoir en réaliser au moins un, sinon les deux, dans les années à venir. Le premier est de reconnaître les côtes britanniques comme nous l'avons fait en Afrique du Sud, car en dépit de tout ce qui a été publié on ne possède pas encore la matière qu'il faut pour en donner l'œcologie en grandes lignes. Notre second projet est d'écrire un livre sur la vie intercotidale des plantes et des animaux dans le monde. C'est dans ce but que nous avons entrepris les voyages en Amérique du Nord auxquels cet article est consacré.

Lors de la première expédition nous sommes arrivés à New-York le 1er janvier 1947 et nous en sommes repartis le 25 janvier 1948. Pendant les treize mois de notre séjour nous avons commencé à travailler sur la côte atlantique en Floride. De la Floride nous nous rendîmes d'abord à Charleston

en Caroline du Sud, et de là à Beaufort en Caroline du Nord. Ensuite, nous traversâmes le continent en nous arrêtant à Washington, jusqu'à Nanaimo en Colombie britannique. De là nous poussâmes vers le sud jusqu'en Californie, pour finir à San Diego près de la frontière mexicaine. Notre parcours total représente environ 25 000 km et notre programme nous a permis de nous arrêter à peu près deux mois à chacun des centres principaux d'où nous voulions rayonner. Nous pûmes entreprendre cette expédition grâce aux dons de diverses institutions et à l'amabilité de plusieurs stations marines américaines qui nous ont donné toutes facilités. Bien que nous l'ayons fait plus en détail ailleurs, ce nous est un plaisir de reconnaître ici encore la dette que nous avons contractée à l'égard de tous ceux qui nous ont aidés.

Le continent d'Amérique du Nord présente une immense variété de rivages, depuis les côtes tropicales de la Floride et de la région du Panama, par les transitions tempérées chaude et froide jusqu'aux régions septentrionales plus ou moins bloquées par les glaces. On a beaucoup écrit sur la biologie des côtes américaines, mais il y a relativement peu d'ouvrages œcologiques *généraux*. Autant que possible nous avons choisi nos localités en des régions qui nous offraient ce que nous désirions voir et dont l'œcologie générale n'avait pas été décrite. Notre premier objectif était d'avoir une idée des Florida Keys, cette étrange chaîne d'îles basses qui s'échelonnent entre Miami et Key West. Nous n'avions pas tellement besoin de voir un rivage typiquement tropical, car nous en avions déjà vu en Australie et dans l'Océan Indien; mais la Floride constitue en soi une région tropicale exceptionnelle: la mer y est très peu profonde, son sol est recouvert par les sédiments et elle est habitée par une population intercotidale étrangement restreinte qui loge dans des récifs de corail semblables à du mâchefer (figure 2). C'est ce décor anormal qui nous attirait, et nous espérions qu'en le comparant à des régions tropicales plus ordinaires nous pourrions découvrir certains des principes qui sont à la base de leurs particularités. En quittant les Keys nous nous rendîmes dans le nord de la Floride et la Caroline du Nord et du Sud, et là, entre le Cap Canaveral et le Cap Hatteras nous avons de nouveau trouvé une curieuse bande de côte. Le climat y est tempéré chaud, mais les habitants des rochers intercotidaux (et c'est à eux que nous nous intéressions) sont soumis à des conditions adverses différentes de celle de la Floride méridionale. La ligne côtière est constituée principalement par du sable, et dans la zone intercotidale il n'y a guère d'affleurements plus durs que la tourbe; cette absence de roches dures est compensée en partie par l'existence de brise-lames rugueux et rocheux dont certains sont très grands et ressemblent fort à des récifs naturels. Dans cette région on peut étudier non seulement la réaction provoquée chez des espèces de l'Atlantique Nord tempéré-chaud par ces petits îlots perdus dans le sable des mers, mais aussi (surtout en Caroline du Nord) le chevauchement d'espèces si intéressant qui a lieu à cet endroit du fait de la jonction des eaux froides du nord avec les eaux chaudes du sud. Une autre particularité de la partie septentrionale de cette région, est l'absence apparemment totale des anatifes, alors que ces petits animaux se retrouvent pratiquement sur toutes les côtes du monde.

Nos trois centres sur la côte du Pacifique nous présentaient des conditions absolument différentes. Ici nous avions affaire surtout à des populations marines riches et abondantes et nullement soumises à des conditions adverses car le climat y est tempéré-froid au nord et tempéré-chaud à l'extrême sud. Nanaimo, notre première station, est une région de criques tranquilles où l'effet des vagues est amorti. Il y foisonne une population marine extraordinaire dans de l'eau qui est beaucoup moins salée que l'eau de mer ordinaire, sans l'être assez peu cependant pour créer les conditions qu'on trouve dans les estuaires. La faune et la flore ici se distinguent par la grande taille et le caractère particulier des espèces même les plus communes, anémones plumeuses de plus de 30 cm, glands de mer de 15 cm de diamètre à la base, algues de 12 mètres et par-dessus tout de brillantes astéries violettes de 45 cm de diamètre et pesant plus d'un kilo (figure 3). Dans cette région nous avons étudié entre autres une petite île bordée au sud par une pente douce et ensoleillée et au nord par une falaise ombragée; nous avions là un exemple schématique des différences dans la répartition des espèces intercotidales communes telles que la combinaison de ces deux sortes de conditions peut en produire. Notre centre suivant, la presqu'île de Monterey et le Point Lobos en Californie, était tout à l'opposé de Nanaimo; certes, la population y est riche et variée aussi, la mer a la salinité normale, mais la côte y est exposée à la houle du Pacifique et nombre de promontoires y subissent l'assaut de vagues d'une violence inouïe. Mais la côte est si découpée que, malgré la violence des vagues, on peut y trouver l'un près de l'autre les endroits les plus exposés

FIGURE 1 – *Vue du rivage à l'entrée de l'anse de Mason, une des petites criques qui communiquent avec la Baie de Ste Marguerite sur la côte atlantique de la Nouvelle-Ecosse. La crique est loin de la haute mer, et lors des hivers rigoureux il lui arrive d'être gelée complètement pour quelque temps. Sur cette photographie prise en été on voit un genre de répartition de zones bien caractéristique de la Nouvelle-Ecosse. Les galets de granit, sous les arbres qui arrivent presque à la laisse de marée haute, marquent la grève d'une bande blanchâtre; c'est la région où l'on voit le mieux la couleur naturelle gris pâle ou blanchâtre du granit; plus haut, elle est généralement cachée par des lichens terrestres et d'autres plantes tandis que plus bas ce sont les agents intercotidaux qui la recouvrent. Au-dessous de cette bande pâle il y a une zone noire, marquée de façon très tranchante et striée par endroits; cette zone provient d'une pellicule d'algues «bleu-vert» (elles sont le plus souvent noirâtres) et de lichens intercotidaux et la mer ne la recouvre qu'aux grandes marées. Cette zone est suivie d'une bande où le granit est devenu ocre ou brun pâle. Nous avons ensuite une zone plus large tapissée de plantes marines brunes assez grandes* (Fucus *et* Ascophyllum)*; la couleur qui passe progressivement du brun jaunâtre au-dessus au brun plus foncé au-dessous, correspond à un changement dans la nature de la population. Cette photographie fut prise à marée basse, mais il arrive que la mer se retire plus loin encore et l'on aperçoit alors une zone boueuse en-dessous de la ceinture de plantes marines; cette ceinture correspond à peu près à la zone littorale moyenne citée dans le texte.*

FIGURE 2 – *Récif de corail mort; Plantation Key, Floride. Ce récif de corail a été colonisé par de petits organismes; dans chaque zone qu'ils occupent la couleur du roc a été modifiée différemment.*

FIGURE 3 – *Groupe de grandes étoiles de mer* (Pisaster ochraceus) *en Colombie britannique.*

ANÉMONES (*Aiptasia*)

GLANDS DE MER (*Chthamalus*)

ZONE NOIRE

PETITS ESCARGOTS (*Littorina*)

ALGUES DIVERSES DES BAS NIVEAUX

MOULES

HUITRES

PORPHYRES

SARGASSES

ULVES ET ENTÉROMORPHES

OURSINS (*Arbacia*)

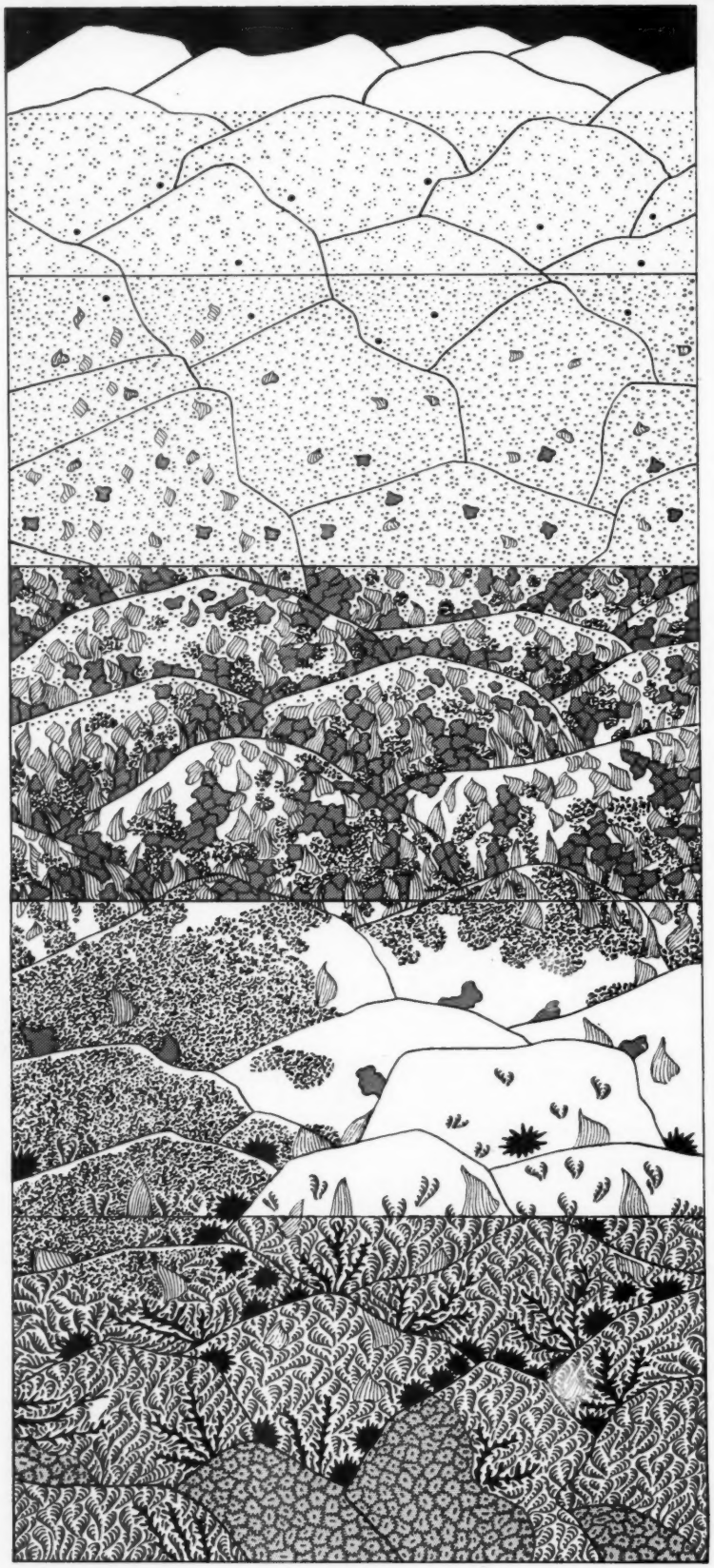


FIGURE 4 – *Représentation schématique de la répartition en zones des plantes et des animaux les plus ordinaires sur les brise-lames rocheux près de Beaufort (Caroline du Nord). Tout en bas la bordure sous-littorale, au-dessus la bordure sous-terrestre; entre les deux, la zone littorale moyenne avec trois subdivisions.*

aux vagues et ceux qui en sont le mieux abrités en passant par tous les degrés possibles; comme les plantes et les animaux de la zone intercotidale sont très sensibles au moindre changement, c'est l'endroit rêvé pour étudier leurs réactions en présence de telles variations. Notre dernière station, La Jolla en Californie, se trouve sur une côte rocheuse soumise à des vagues plus fortes qu'à Nanaimo, mais moins fortes cependant que près de Pacific Grove. D'ailleurs la population y est tempérée-chaude et le roc, qui est exceptionnellement friable dans l'ensemble, est plus dur par endroits: on peut donc y observer avec profit l'influence très marquée de ces variations sur les plantes et les animaux.

Lors de notre deuxième voyage en Amérique (de juin à septembre 1948) au cours duquel nous avons parcouru en tout quelque 6 500 km, nous avons visité les régions rocheuses de la Nouvelle-Ecosse et de l'île du Prince Edouard. Ici nous fûmes à même de comparer une côte dégagée typique de l'Atlantique Nord (comme on en voit à Peggy's Cove près de Halifax) à d'autres côtes qui s'écartent de la normale par le fait de circonstances spéciales bien qu'elles se trouvent dans la même région géographique. Ainsi, alors que la côte dégagée près de Peggy's Cove n'est guère atteinte par les glaces en hiver, d'autres côtes en sont littéralement envahies. Le long de la côte septentrionale de l'île du Prince Edouard, par exemple, il arrive que la mer soit gelée jusqu'à un kilomètre et demi de la rive, et les masses irrégulières de glace qui s'empilent dans les rochers intercotidaux peuvent atteindre la hauteur des falaises. En plus de cela il intervient encore d'autres facteurs.

Ce qui frappe le plus l'attention dans la plupart de ces côtes rocheuses sont les colonies végétales ou animales localisées en bandes horizontales parallèles et qui souvent empiètent l'une sur l'autre. Ces bandes ne sont pas toutes aussi distinctes. Quelquefois elles sont à peine marquées, mais parfois leurs arêtes sont comme tracées à la règle (la «zone noire», figure 1). Ces bandes et les raisons possibles de leur existence ont été discutées en détail par la bibliographie qui traite de ce sujet, mais la question est loin d'être résolue tout-à-fait et nous nous en sommes occupés tout spécialement. Pendant notre relevé de la côte sud-africaine auquel il est fait allusion plus haut, nous avons émis l'idée que cette subdivision en zones le long des rivages est une des variantes possibles d'un plan fondamental plus ou moins universel. Plus tard nous avons mis cette idée à l'épreuve en Grande-Bretagne, dans l'île Maurice et en Afrique Orientale, et plus à fond encore en Amérique du Nord en 1947–48. Certes, les renseignements que nous avons recueillis ont besoin d'être plus fouillés pour que notre théorie acquière un caractère universel, mais nous avons l'impression qu'elle a bien traversé l'épreuve. Voici dans ses grandes lignes le plan de répartition des zones tel qu'il nous est apparu: (*a*) *zone littorine* ou *sous-terrestre*: cette zone aride forme la transition entre la mer et la terre; à marée haute elle n'est pas toujours recouverte par la mer; (*b*) *zone balanoïde* ou *littorale moyenne*: la marée recouvre et découvre régulièrement cette zone médiane; (*c*) *bordure sous-littorale*: la mer ne découvre cette zone inférieure qu'aux marées les plus basses. Bien entendu, nous avons simplifié le vrai plan à l'extrême: chaque zone se subdivise encore sur la plupart des côtes (surtout la zone littorale moyenne) et il intervient toutes sortes de complications. La figure 4 représente la répartition des zones telle qu'on la voit sur les brise-lames près de Beaufort (Caroline du Nord); la figure 1 est la reproduction d'une photographie montrant les zones dans une crique abritée de Nouvelle-Ecosse.

Nos expéditions en Amérique étaient surtout des études sur le terrain afin de recueillir des renseignements, mais ce n'était là que la première étape vers notre objectif; en effet, en observant comment les populations varient sous toutes sortes de conditions différentes, nous voulions dégager les principes fondamentaux qui se cachent sous les apparences extérieures. Avant de pouvoir formuler ces principes nous devrons d'abord examiner les faits plus minutieusement que nous n'avons pu le faire jusqu'à présent. D'autre part, la bibliographie du sujet comporte toute une documentation qui doit d'abord être classifiée et coordonnée avant que nous puissions écrire le livre que nous préparons, ce qui serait pratiquement impossible à quiconque n'a vu de ses propres yeux une multitude de rivages, mais l'expérience supplémentaire que nous avons récemment acquise sur le terrain nous rendra cette tâche bien plus facile.

L'Union Internationale de Chimie pure et appliquée

R. DELABY

La chimie est d'une importance primordiale dans tous les pays civilisés. On a reconnu le besoin d'organiser une coopération permanente entre les associations de chimie des différents pays par la formation, bien avant 1914, d'une association internationale, succédée maintenant par l'Union Internationale de Chimie pure et appliquée, de laquelle le Professeur Delaby est Secrétaire général.

Parmi les dix Unions qui forment présentement le Conseil international des Unions scientifiques (I.C.S.U.), l'Union de Chimie pure et appliquée (I.U.P.A.C.) fondée en 1919 a donné des preuves incessantes de son efficience. Tenter de rapporter ici, même sommairement, ses réalisations, serait soutenir une gageure insensée. Notre dessein est simplement de rappeler ses origines, de décrire sa structure actuelle, de montrer à l'occasion de ses manifestations récentes son active participation au progrès scientifique.

Les Sociétés scientifiques contribuent à ce progrès en favorisant les échanges d'information entre Savants qui poursuivent des recherches du même ordre.[1] Une seconde étape consiste à rassembler les groupements d'une même discipline scientifique, institués dans un même pays, en un Organisme fédératif. Enfin, une Union réalise sur le plan international les liaisons indispensables entre Sociétés par le truchement de ces organismes nationaux.

Ainsi se conçoit la mission de l'Union qui est «d'organiser une coopération permanente entre les Associations de Chimie des pays adhérents; de coordonner leurs moyens d'action scientifiques et techniques; de contribuer à l'avancement de la Chimie dans toute l'étendue de son domaine, notamment par la réunion de Conférences, de Congrès et de Colloques». Ce texte de l'article 1 de ses Statuts n'a pas été sensiblement modifié depuis vingt ans.

SES ORIGINES

L'armistice mettant fin à la première guerre mondiale n'était pas encore signé que les délégués des Académies scientifiques des Nations alliées se réunissaient à Londres en octobre 1918, puis à Paris le mois suivant, dans le dessein de former un *Conseil international de Recherches*. Cet organisme se proposait notamment de coordonner les activités parmi les diverses disciplines scientifiques et leurs applications, d'établir les contacts nécessaires avec les gouvernements des pays adhérents, de favoriser la création de groupements internationaux susceptibles de contribuer au progrès des Sciences.

De ce dernier point de vue, les chimistes de plusieurs pays s'étaient préoccupés de leurs relations réciproques bien avant 1914: il existait une Association internationale des Sociétés chimiques — elle en comprenait une quinzaine — présidée par le célèbre organicien français Albin Haller et subventionnée par le généreux philanthrope Ernest Solvay. Mais ce n'était là qu'une ébauche.

Dès novembre 1918, la *Society of Chemical Industry* recevait Paul Kestner, Président-fondateur de la Société de Chimie industrielle, et, à cette occasion, des pourparlers étaient engagés précisément sur le même thème que celui posé par le Conseil international de Recherches. Ils aboutirent à une conférence réunissant à Paris en avril 1919 les principaux groupements scientifiques et industriels des pays alliés: Belgique, Etats-Unis, France, Grande-Bretagne, Italie. Il fut essentiellement décidé que les Associations de Chimie de chaque pays seraient invitées, soit à créer un Conseil national constitué par leurs délégués, soit à se grouper en une Fédération; ces Organismes nationaux s'assembleraient alors en une Confédération qui serait d'abord interalliée, puis deviendrait internationale en y accueillant ceux des nations neutres. De la sorte, chaque Nation enverrait siéger à la Confédération des délégués représentant une émanation de l'ensemble de ses Associations scientifiques et industrielles, et non plus les mandataires d'une seule Société comme dans l'ancienne Association internationale des Sociétés chimiques dont la dissolution était dès lors envisagée. Un Conseil provisoire fut nommé et son

[1] ENDEAVOUR, 6, 49, 1947.

Président, Charles Moureu, Membre de l'Institut de France, devait plus spécialement prendre contact avec le Conseil international de Recherches projeté d'autre part sous l'égide des Académies.

La Confédération interalliée de la Chimie se constituait trois mois plus tard à Londres; elle adoptait des Statuts, élisait un bureau, fixait provisoirement son siège à Paris, chargeait la délégation italienne de préparer la réunion suivante à Rome en juin 1920.

Une délégation se rendait immédiatement auprès de la Commission de Chimie du Conseil international des Recherches qui tenait ses assises à Bruxelles (22 Juillet 1919); elle sollicitait l'intégration de la nouvelle Confédération, ayant cependant pouvoir autonome, «dans le cadre des organisations prévues par les Académies Scientifiques, comme section chimique du Conseil international de Recherches». Au cours de cette réunion et à la suite d'un referendum favorable des Membres de son Conseil, l'Association internationale des Sociétés chimiques fut déclarée dissoute. La Confédération interalliée la remplaçait; elle était admise au Conseil international de Recherches sauf adaptation de ses statuts aux principes généraux posés par ce Conseil; son titre serait désormais: *Union internationale de Chimie pure et appliquée*.[1] Reconnaissant les services rendus antérieurement par l'Association internationale des Sociétés chimiques, la présidence en fut offerte à l'éminent Albin Haller qui déclina la déférente sollicitation unanime de ses collègues; Charles Moureu était élu premier Président de l'Union dont l'acte de naissance venait d'être dressé.

SA CONSTITUTION ET SES MOYENS D'ACTION

L'action de l'Union s'exerce par un *Conseil*, par des *Sections* telles que Chimie inorganique, Chimie organique, Chimie biologique, Chimie-physique, Chimie analytique, Chimie appliquée, et par des *Commissions* dont la plupart sont rattachées à ces sections. Leur réunion, totale ou partielle, prévue au moins tous les deux ans est désignée sous le nom de *Conférence*.

Le *Conseil* est formé par des délégués nommés par les Organismes adhérents; le nombre de délégués dépend de la catégorie dans laquelle se trouve rangé le pays correspondant, les trois catégories étant elles-mêmes fixées selon l'activité déployée par le pays dans les sciences chimiques. Le Conseil est très comparable aux Chambres de représentants qui existent dans les nations démocratiques et qui possèdent le pouvoir législatif: il traite des questions scientifiques aussi bien qu'administratives et financières. Actuellement, 31 pays ont constitué chacun un organisme adhérent à l'Union.

Le pouvoir exécutif est attribué à un *Bureau* élu au sein du Conseil et formé de 17 personnalités au plus: un Président, six Vice-Présidents, six Membres élus, un Secrétaire Général, un Trésorier, les deux derniers Présidents.

L'expérience ayant montré la difficulté de réunir la totalité des Membres du Bureau entre les Conférences, les pouvoirs du Bureau sont dévolus à un Comité exécutif constitué par le Président, un Vice-Président, un Membre élu, le Secrétaire Général et le Trésorier.

Le travail est réparti en *Commissions permanentes ou temporaires*, chargées soit de la gestion des divers organismes de l'Union — telle que la Commission permanente des finances — soit de l'étude de questions déterminées. Les Commissions scientifiques ou techniques sont composées de spécialistes. Elles peuvent comprendre: des membres titulaires élus par les Commissions, des membres délégués d'organisations intéressées comme des Bureaux de mesures, Instituts de recherche. Elles peuvent s'adjoindre à titre consultatif des Représentants nationaux et des Observateurs invités par leurs Présidents. Les grandes Commissions élisent parfois en leur sein un Comité de travail et éventuellement des Sous-Commissions.

Il est prévu aussi des *Commissions affiliées* qui se proposent par exemple d'unifier les méthodes d'analyse ou de contrôle dans une discipline spécialisée: la Commission très active pour l'étude des Matières grasses est de ce type, et il est souhaitable d'insérer dans l'Union d'autres Commissions analogues, susceptibles de faire progresser les techniques chimiques ou parachimiques.

Depuis la guerre, l'I.C.S.U. a créé des *Commissions* mixtes entre les Unions internationales et rattachées à une Union-mère, la principale intéressée. Ainsi l'Union de Chimie est l'Union-mère de la Commission des Etalons, Unités et Constantes de Radio-activité qui comprend des délégués de l'Union internationale de Physique pure et appliquée.

Ces Commissions sont à l'Union ce que la circulation représente chez l'homme: perpétuellement

[1] De 1930 à 1949, elle fut dénommée plus simplement *Union Internationale de Chimie*; à la XVe Conférence (Amsterdam 5–10 sept. 1949), il a paru préférable de préciser de nouveau dans son titre que l'Union se préoccupait aussi bien du domaine spéculatif que de celui des applications de la chimie.

elles irriguent d'un sang nouveau son organisation. A la XIVe conférence, le Président Bogert a pertinemment rappelé que le Président d'une Commission doit être au courant des recherches effectuées dans son domaine par d'autres personnalités ou institutions reconnues comme des commités parmi le monde: de façon incontestable il désigne alors ses adjoints. «Il est comme un généralissime à un poste élevé d'observation devant le champ de ses opérations. Sa Commission doit être le centre mondial d'informations qui fait autorité en la matière».

LES CONFÉRENCES, LES COLLOQUES

L'Union a tenu 15 Conférences depuis sa fondation. Les manifestations furent d'abord annuelles à l'effet de bien assurer le commerce des esprits entre chimistes mondiaux et de prendre les nombreuses décisions souhaitables; puis le rythme fut bis-annuel à partir de 1928, sauf une interruption de quatre ans entre 1930 et 1934 et celle plus longue, conséquence de la seconde guerre mondiale, entre 1938 et 1947: encore une Reprise de Contact eut-elle lieu à Londres en 1946.

En principe chaque Conférence entend d'abord le rapport présidentiel sur l'état général de l'Union et celui du Trésorier sur la situation financière. Les questions administratives sont ensuite débattues. L'intérêt se concentre alors tout particulièrement sur les sujets scientifiques traités par les Commissions dont les Présidents exposent les travaux et qui aboutissent à des conventions internationales, à des standardisations, à des progrès de toute nature: c'est une banalité que de rappeler l'universalité du domaine de la Chimie, et Duclaux faisait figure de prophète il y a plus d'un demi-siècle lorsqu'il énonçait: «la Chimie est au fond de tout et rien ne lui échappe».

Des comptes-rendus ont été publiés à l'issue de chaque Conférence: ils forment maintenant un ensemble impressionnant de 2142 pages in-4°. Encore faut-il y ajouter des rapports très spécialisés ou trop volumineux pour y être insérés et dont certains ont été diffusés en librairie: tels sont les «Tableaux des Réactifs pour l'analyse minérale» dressés en trois langues (409 pages) et les «Réactifs recommandés» (288 pages) constituant deux rapports fondamentaux de la Commission des Réactions et Réactifs analytiques nouveaux.

A côté des Conférences et aussi des Congrès dont l'histoire va être esquissée, l'Union a prévu récemment des réunions plus restreintes dénommées *Colloques*; des spécialistes qualifiés y traitent de sujets en pleine évolution ou de questions plus particulières. Deux colloques de Chimie macromoléculaire (Liège 1948, Amsterdam 1949), présidés par le Prof. H. Mark ont déjà connu un gros succès.

LES CONGRÈS DE CHIMIE PURE ET APPLIQUÉE

Avant la création de l'Union, des Congrès internationaux de Chimie appliquée se réunissaient périodiquement et prenaient sans cesse plus d'importance. L'initiative en fut prise par l'Association belge des Chimistes de Sucrerie, bientôt secondée par l'Association analogue de France et de ses colonies. Le premier se tint à Bruxelles en 1894, le second à Paris en 1896 avec 1500 congressistes qui présentèrent 194 communications, résultat remarquable à l'époque; d'autres suivirent: à Vienne (1898), à Paris de nouveau (1900), à Berlin (1903), à Rome (1906), à Londres (1909); le huitième et dernier avant la première guerre mondiale se déroula à Washington–New York en 1912 groupant 4400 adhérents en 23 sections qui discutèrent 789 mémoires. Il y a donc plus d'un demi-siècle que les Chimistes ont cherché à favoriser les rencontres internationales.

Cependant les associations qui avaient assuré jusque-là le succès des Congrès estimèrent que leur organisation devait incomber à l'Union et les premiers statuts fixent en une vingtaine d'articles leur ordonnancement. Le règlement actuel est à dessein moins détaillé: les Congrès internationaux de chimie pure et appliquée se réunissent en principe tous les quatre ans, et leur organisation est confiée à un Comité institué par le pays où ils siègent; ce Comité en établit le programme, en accord avec une Commission déléguée par le Conseil de l'Union. Ainsi une plus grande liberté est laissée à la Nation accueillante qui n'est pas bridée par des dispositions trop précises et parfois gênantes; les initiatives n'en sont pas exclues.

CONCLUSION

En terminant cet aperçu, signalons le «climat» très sympathique des discussions, réunions, échanges épistolaires au sein de l'Union.

Soulignons aussi la modicité des ressources disponibles jusqu'ici pour édifier ce «parlement chimique mondial»; il fut surtout l'œuvre d'hommes désintéressés, épris d'idéal. L'UNESCO s'est penchée sur l'essor à donner dans l'avenir aux Unions scientifiques internationales; puisse cette organisation leur fournir des moyens puissantes: elles ne sont pas un facteur négligeable pour la paix universelle que souhaitent tous les hommes de bonne volonté.

Le cancer végétal

R. J. GAUTHERET

Les biologistes ont depuis longtemps soupçonné qu'il devait exister une analogie entre les tumeurs végétales et les cancers animaux. Mais cette analogie n'a pu être démontrée que récemment, grâce à l'emploi de la méthode des cultures de tissus. Cette technique a révélé pour la première fois que certaines bactéries ou diverses substances appartenant à la famille des hétéro-auxines, provoquent chez les végétaux des phénomènes tumoraux identiques à ceux caractérisant le cancer.

LES PHÉNOMÈNES TUMORAUX

Imaginons une cellule qui, après avoir travaillé pendant des mois ou des années en harmonie avec des myriades d'autres cellules s'affranchisse subitement de tout contrôle et devienne capable de proliférer d'une manière anarchique. Cette cellule donnera naissance à une masse tissulaire dépourvue d'organisation, c'est-à-dire à une tumeur. Parfois, la prolifération sera lente et limitée; la tumeur n'entraînera pour cette raison aucun trouble fonctionnel important et conservera donc un caractère bénin. Les verrues et les loupes si communes chez l'homme, les galles produites sur les feuilles de nombreuses plantes par certaines larves d'insectes (figure 1) appartiennent à cette catégorie de processus tumoraux. Mais d'autres fois la multiplication cellulaire échappe à tout contrôle, les éléments tumoraux envahissent alors les organes de l'individu à la manière d'un parasite et provoquent ainsi des désordres graves susceptibles d'aboutir à la mort. A ces redoutables processus néoplastiques on donne le nom de cancer.

LES CANCERS ANIMAUX

Les cancers animaux et particulièrement ceux de l'homme, ont depuis longtemps retenu l'attention des Biologistes. Mais malgré d'innombrables travaux leur nature est encore très obscure. On pense que le cancer est une maladie de la cellule elle-même. Il ne peut se transmettre de cellule à cellule, mais sa propagation d'organe à organe s'opère au moyen de métastases, c'est-à-dire grâce à des cellules qui se détachent d'une tumeur initiale et que le flot sanguin ou la lymphe transportent jusqu'en des points éloignés où elles se fixent pour donner de nouveaux foyers cancéreux.

Ce mode de propagation a prouvé que la cellule cancéreuse est un élément doué de propriétés spéciales. Des études entreprises sur les cultures de tissus ont jeté quelque lumière sur la nature de cette spécificité en montrant que les éléments cancéreux ont des besoins nutritifs plus faibles que les cellules normales correspondantes. Tout se passe comme si la cancérisation consistait dans une exaltation du pouvoir de synthèse des cellules, exaltation qui leur permettrait de proliférer sans limite aux dépens des substances nutritives contenues dans l'organisme. Enfin, d'autres travaux ont eu pour but de faire connaître les causes du cancer. Ces travaux ont établi que le cancer n'a pas une origine bactérienne. Ils ont permis de déceler l'intervention fréquente de Virus cancérigènes. Ils ont également révélé l'existence de phénomènes tumoraux provoqués par voie physico-chimique, soit au moyen de carbures d'hydrogène spéciaux ou d'autres substances, soit encore sous l'action de diverses radiations. Enfin, ces études ont démontré que des facteurs génétiques jouent un rôle essentiel dans la genèse du cancer car à l'intérieur d'une même espèce animale, certaines lignées pures sont sensibles au cancer, tandis que d'autres très voisines sont complètement résistantes.

LE CROWN-GALL

Il y a une quarantaine d'années, deux phytopathologistes américains, Smith et Townsend, pensèrent que l'étude des tumeurs végétales fournirait peut-être des données susceptibles d'éclaircir le problème du cancer animal. Leur attention fut attirée par le Crown-Gall, tumeur exubérante qui se développe parfois au collet de certaines plantes. Ils isolèrent de cette tumeur une bactérie en forme de bâtonnet, le *Phytomonas tumefaciens* qui, inoculée à des plantes saines provoque de nouvelles tumeurs (figure 2). A la suite de cette découverte, il semblait hasardeux de comparer le Crown-Gall aux cancers animaux puisque ceux-ci ne sont certainement pas d'origine bactérienne. Smith essaya pourtant d'établir cette comparaison en s'appuyant sur le fait que les

plantes atteintes de Crown-Gall produisent des métastases analogues à celles produites par les cancers animaux.

Fait curieux, ces métastases ne renferment pas de cellules bactériennes, ce qui permet d'imaginer qu'elles résultent d'une action à distance exercée par le *Phytomonas* contenu dans la tumeur primitive (figure 3).

Des expériences réalisées il y a une dizaine d'années ont paru confirmer cette hypothèse, en démontrant que le *Phytomonas tumefaciens* élabore de l'acide indole-acétique (Berthelot et Amoureux), substance capable de stimuler la multiplication des cellules végétales (figure 4). Cette substance s'accumulerait dans les tissus à une dose de l'ordre de 10^{-7}, ce qui suffit à produire une prolifération intense des cellules. Elle diffuserait enfin autour du foyer primitif, ce qui expliquerait la formation de tumeurs secondaires dépourvues de bactéries.

Ces résultats semblaient résoudre d'une manière complète le problème du Crown-Gall. De plus, ils ne permettaient pas d'attribuer une spécificité particulière aux cellules du Crown-Gall et la notion de cancer végétal fut donc complètement abandonnée.

LA NATURE CANCÉREUSE DU CROWN-GALL

Toutefois deux biologistes américains, Braun et White, refusèrent d'admettre cette explication très simple des processus tumoraux produits par le *Phytomonas*. Pour approfondir davantage cette question ils entreprirent de comparer les propriétés physiologiques des cellules de Crown-Gall à celles d'éléments normaux provenant de plantes identiques. Pour établir cette comparaison, ils eurent recours à la méthode des cultures de tissus.[1] Ils isolèrent des fragments de tumeurs secondaires qui comme nous l'avons dit sont dépourvues de bactéries, et tentèrent de les cultiver dans un milieu renfermant des sels minéraux, un sucre, et des traces de glycocolle et de vitamine B1. Leur tentative réussit pleinement, car ils obtinrent de cette manière une souche capable de proliférer indéfiniment (figure 5). Malgré l'absence de *Phytomonas*, ces tissus conservaient en culture leur caractère tumoral, car en les greffant sur une plante saine, on obtenait de nouvelles tumeurs (figure 6). White et Braun avaient donc démontré que la bactérie du Crown-Gall ne fait que déclencher le processus tumoral et que celui-ci persiste en son absence. Le Crown-Gall pouvait donc être considéré comme un véritable cancer.

[1] ENDEAVOUR, 7, 75, 1948.

COMPARAISON DES PROPRIÉTÉS DES CELLULES DE CROWN-GALL ET DES CELLULES NORMALES

Mais le problème du cancer végétal n'était pas encore résolue. C'est ainsi que Braun et White n'avaient pas vraiment comparé les propriétés physiologiques des cellules cancéreuses et des cellules normales, car ils n'étaient pas parvenus à cultiver des tissus normaux. Pour résoudre le problème, nous nous sommes chargés de cultiver des tissus de Crown-Gall de plusieurs espèces (Scorsonère, Topinambour) dont nous savions déjà cultiver les tissus normaux. En essayant alors de préciser les besoins nutritifs de ces deux types de cultures, nous avons constaté que les milieux utilisés pour cultiver des tissus tumoraux et qui sont dépourvus de substances de division deviennent capables d'entretenir la prolifération des tissus normaux si on les additionne d'acide indole-acétique. Afin d'élucider la signification de cette différence de comportement des tissus normaux et tumoraux, Kulescha a dosé les substances de croissance ou auxines élaborées par les tissus. Ces dosages ont révélé que les colonies normales n'élaborent qu'une quantité insignifiante d'auxine qui, évaluée en acide indole-acétique correspond à une dose de l'ordre de 0,1 à $3 \cdot 10^{-8}$ tandis que les cultures de tissus de Crown-Gall dépourvues de bactéries en contiennent une concentration de l'ordre de $5 \cdot 10^{-8}$ qui suffit à stimuler activement la multiplication des cellules.

MÉCANISME DE LA TRANSFORMATION TUMORALE

Mais les recherches qui viennent d'être évoquées n'avaient pas épuisé le problème du Crown-Gall car elles n'avaient pas fourni d'indication sur le mécanisme de la transformation tumorale. Pour essayer d'entrevoir ce mécanisme il convenait en premier lieu d'expliquer comment les modifications provoquées par le *Phytomonas* pouvaient se présenter après l'élimination de cette bactérie.

Pour expliquer cette persistance, il était possible d'imaginer que la bactérie provoquait une transformation permanente des cellules ayant pour effet d'exalter la synthèse des auxines. Mais pour rendre cette hypothèse plausible il fallait encore savoir par quel facteur la bactérie pouvait agir ainsi.

LA THÉORIE CHIMIQUE

Diverses expériences ont fait penser en premier lieu que cette transformation pouvait être due à l'acide indole-acétique élaboré par le *Phytomonas*. Nous avons en effet constaté qu'en soumettant

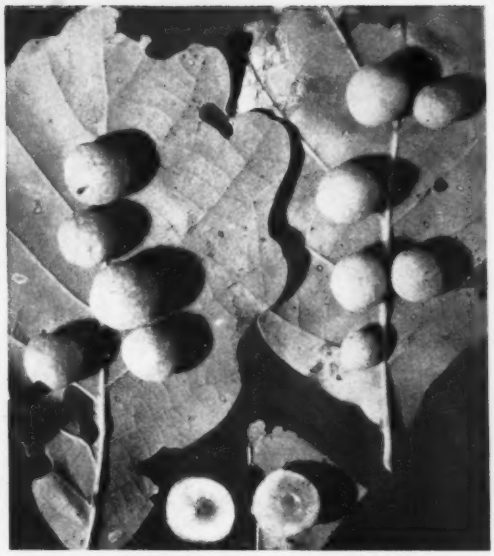


FIGURE 1 – *Galle produite sur une feuille de chêne par une larve d'hyménoptère. Ce néoplasme ne se développe que faiblement et ne présente donc qu'un caractère bénin.*

FIGURE 2 – *Crown-Gall développé sur une tige de* Pelargonium. *Cette tumeur exubérante est provoquée par une bactérie spécifique, le* Phytomonas tumefaciens.

FIGURE 3 – *Production de métastases par le Crown-Gall. Cette photographie représente un pied de Soleil auquel on inocula des cellules de* Phytomonas tumefaciens. *Une tumeur se développa dans la région contaminée (en bas); puis, par la suite des tumeurs secondaires apparurent sur une feuille très éloignée du foyer primitif (en haut à gauche). Ces tumeurs secondaires étaient dépourvues de Bactéries. (D'après Braun et White.)*

FIGURE 4 – *Fragment de racine de Jusquiame ayant été cultivé dans un milieu renfermant de l'acide indole-acétique à la concentration de* $1 : 10^{-6}$. *Il a produit une volumineuse protubérance parenchymateuse sous l'action de la substance de division. L'aspect et la structure de cette protubérance sont analogues à ceux des néoplasmes provoqués par la Bactérie du Crown-Gall.*

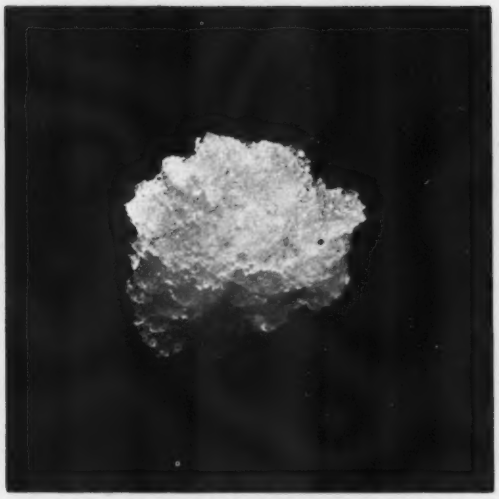


FIGURE 5 – *Culture de tissus de Crown-Gall de pied de Soleil. Il s'agit d'une culture aseptique réalisée à partir d'une tumeur secondaire dépourvue de* Phytomonas. *La colonie représentée sur cette figure provient d'une souche ayant subi de nombreux repiquages. (D'après White et Braun.)*

FIGURE 6 – *Tumeur obtenue en greffant une culture aseptique de Crown-Gall sur un pied de Soleil. (D'après Braun et White.)*

FIGURE 7 – *Culture de tissu normal de Scorsonère provenant d'une souche ayant subi de nombreux repiquages. Ces tissus n'élaborent qu'une quantité insignifiante d'auxines et pour cette raison ils sont incapables de proliférer sans acide indole-acétique. Si on les greffe sur des fragments de racines ils ne manifestent aucun développement. On remarque que la colonie représentée sur la photographie est opaque et compacte.*

FIGURE 8 – *Culture de tissus de Crown-Gall de Scorsonère. Cette colonie élabore une quantité d'auxines suffisante pour lui permettre de proliférer dans un milieu dépourvu de substances de division. Par greffage sur un fragment de racine normale elle peut se développer pour donner une tumeur. On remarque qu'elle présente un aspect translucide.*

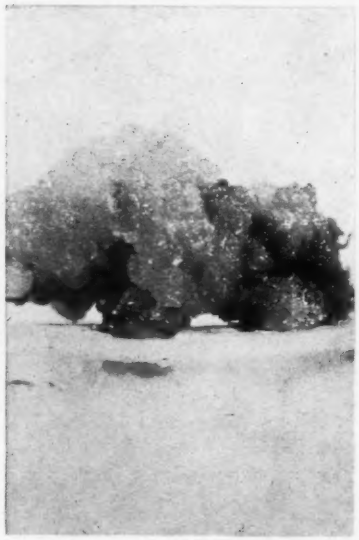


FIGURE 9 – *Colonie tumorale provenant d'une souche normale de tissus de Scorsonère ayant été traitée pendant très longtemps par de l'acide indole-acétique. Cette souche a acquis la faculté d'élaborer une grande quantité d'auxines et pour cette raison elle est devenue capable de proliférer sans substances de division. Par greffage sur des fragments de racines normaux elle peut fournir des tumeurs. On remarque qu'elle est translucide comme la souche de Crown-Gall au lieu d'être opaque comme une colonie normale.*

pendant plusieurs années des cultures de tissus normaux à des doses convenables d'acide indole-acétique, on peut quelquefois leur faire acquérir les propriétés fondamentales des colonies tumorales. Cette transformation tumorale obtenue par voie chimique n'est pas sans évoquer les mutations sectorielles des colonies de levures. Elle se manifeste par la production, à la surface d'une colonie normale d'un mamelon translucide pouvant être repiqué séparément, et fournissant ainsi des colonies d'un type nouveau (figures 7, 8 et 9) possédant des caractères tumoraux. Ces colonies élaborent en effet une dose d'auxine comparable à celle contenue dans les tissus de Crown-Gall (cette dose d'auxine correspond à $3 \cdot 10^{-8}$ d'acide indole-acétique) ce qui leur confère la faculté de proliférer intensément dans un milieu dépourvu d'hétéro-auxine. En outre elles fournissent des tumeurs par greffage sur des fragments de plantes normales. Les tissus ainsi modifiés ressemblent donc à ceux du Crown-Gall. On peut donc admettre comme nous l'avons dit précédemment que l'acide indole-acétique sécrété par le *Phytomonas* serait la cause directe de la transformation tumorale produite par cette bactérie.

CRITIQUE DE LA THÉORIE CHIMIQUE

Mais en réalité cette conception nous paraît fragile. Plusieurs faits indiquent qu'il ne doit pas y avoir identité entre la cancérisation chimique et la cancérisation bactérienne; celle-ci s'opère presque instantanément et d'une manière constante. Il suffit pour l'obtenir que le *Phytomonas* se trouve pendant dix heures à l'intérieur des tissus. Au contraire l'action cancérigène de l'acide indole-acétique n'apparaît qu'à la longue; pendant plusieurs mois ou même plusieurs années un tissu traité par de l'acide indole-acétique conserve ses caractères normaux; puis il se peut qu'il manifeste la transformation tumorale; celle-ci est très rare mais quand elle se produit elle s'opère très vite.

D'autres particularités amènent à distinguer la cancérisation bactérienne de la cancérisation chimique.

On connaît par exemple des végétaux qui ne produisent de tumeurs que sous l'action conjuguée du *Phytomonas* et d'un apport externe d'acide indole-acétique. Ce conditionnement multiple exclut que l'acide indole-acétique puisse être à lui seul le facteur de la transformation tumorale.

LA THÉORIE VIROLOGIQUE

La théorie chimique du cancer végétal se heurte donc à de sérieuses difficultés. On a pensé qu'il serait possible d'expliquer plus facilement les phénomènes tumoraux au moyen d'une hypothèse virologique. L'application de cette hypothèse au cas du Crown-Gall consisterait à imaginer que le *Phytomonas* serait associé à un virus cancérigène qui persisterait après son élimination des tissus. Dans le cas des tumeurs chimiques on pourrait admettre pareillement la participation d'un virus cancérigène, mais celui-ci aurait alors une origine endogène. Cette hypothèse virologique du cancer végétal manque évidemment de base. Elle n'est pas tout à fait gratuite car on connaît chez les plantes (Black) quelques virus capables d'engendrer des tumeurs. En outre, elle représente pour le moment la seule explication plausible des phénomènes de cancérisation par greffe.

LA NATURE DE LA TRANSFORMATION TUMORALE

Il nous reste enfin à nous demander quelle peut être la nature de la transformation tumorale. Cette question ne se pose pas si l'on admet la théorie virologique car il est alors possible d'imaginer que le virus cancérigène agit simplement en élaborant des substances de division ou bien en exaltant la synthèse d'auxines par les cellules contaminées. Mais si l'on rejette l'hypothèse virologique il faut imaginer un mécanisme d'une autre nature.

On peut par exemple invoquer la possibilité d'une mutation provoquée soit par la bactérie soit par l'acide indole-acétique. Cette conception n'est pas à l'abri de toute critique; le caractère inéluctable de la cancérisation bactérienne s'accorde en effet difficilement avec la possibilité d'une mutation car ce phénomène est toujours sporadique. Par contre la notion de mutation paraît plus facilement applicable au cas de la cancérisation chimique qui comme nous l'avons dit s'opère exceptionnellement de façon irrégulière. Mais nos observations les plus récentes ont établi qu'il existe des degrés très nombreux dans l'intensité de la transformation tumorale provoquée par l'acide indole-acétique et cette particularité est difficilement compatible avec l'idée d'une mutation puisque celle-ci est un phénomène de tout ou rien.

CONCLUSION

L'étude expérimentale des phénomènes tumoraux a révélé que les cellules végétales peuvent manifester de véritables phénomènes cancéreux, et l'interprétation des résultats qu'elle a fournis a suscité des hypothèses fécondes dont certaines permettront peut-être de mieux saisir la signification générale du cancer.

Hérédité des tumeurs pigmentées chez les poissons

MYRON GORDON

«Le système pigmentaire comme tous les autres systèmes est sujet à des aberrations de forme, de structure et d'activité. Il existe chez beaucoup d'espèces animales des tumeurs dans lesquelles les cellules pigmentaires jouent un rôle dominant. Parmi ces néoplasmes se rangent quelques-unes des tumeurs les plus malignes connues, si bien que toute lumière apportée sur leur origine ou leur comportement constitue une contribution efficace à leur connaissance et à le traitement».—[Ross G. Harrison, «*Biology of Melanomas*».]

Les Poissons prennent place parmi les nouveaux animaux de laboratoire favorables aux recherches sur le cancer; ils sont, en effet, particulièrement propres à des études sur la croissance des cellules pigmentaires normales ou atypiques [18]. Les Pathologistes qui ont étudié et comparé les tumeurs à cellules pigmentaires noires d'espèces choisies dans toutes les classes de Vertébrés ont découvert que le type de cellule commun aux mélanomes de tous ces animaux, y compris ceux de l'Homme, est le mélanoblaste [6, 19, 22, 24]. En culture de tissus, qui permet l'observation de tous les aspects et des fins détails de la structure cellulaire, les mélanoblastes prélevés sur des mélanomes de Poissons, de Souris ou d'Homme sont presque identiques [20].

On a récemment découvert l'origine embryologique précoce des cellules pigmentaires. Des expériences concluantes poursuivies sur des Salamandres, des Oiseaux et des Souris montrent qu'elles dérivent de la crête neurale [7, 26]. Ces cellules pigmentaires embryonnaires se caractérisent par leur grande mobilité et leur faculté de se répandre sur tout le corps [7, 26]. Chez les Cyclostomes, les Poissons, les Amphibiens et les Reptiles, les mélanophores existent normalement aussi bien dans les aires périneurales, péricoelomiques et périvasculaires que dans la peau [34]. Chez les Oiseaux et les Mammifères les cellules pigmentaires se limitent ordinairement à l'épiderme, sont moins communes dans le derme, se rencontrent à l'occasion dans les méninges et sont rares dans les régions plus profondes [34]. Chez l'Homme, on a décrit un mélanome de la méninge pigmentée du cerveau [9].

Les cellules pigmentaires et leurs effets de couleur ont longtemps constitué un sujet favori de recherches pour les généticiens. Ceci est particulièrement vrai pour l'étude de l'hérédité chez les Poissons; quelques espèces polymorphes possèdent, en effet, un grand nombre de variétés quant à la couleur [16].

Les chromatophores responsables des diverses variétés colorées ont généralement reçu un nom en rapport avec leur pigment principal. Ainsi on appellera mélanophores les cellules qui contiennent des pigments noirs, érythrophores celles qui accumulent des granules rouges, xanthophores celles qui possèdent des matières colorantes jaunes, et enfin guanophores les chromatophores chargés de cristaux de guanine. [2, 25]. Des chromatophores de plusieurs types peuvent s'associer pour former une seule unité chromatique multicellulaire. Certains chromatophores, spécialement chez les Poissons, présentent une grande complexité, une seule cellule pouvant contenir à la fois plusieurs types de pigments de couleur différente; ainsi les xanthoérythrophores possèdent des pigments rouges et jaunes. On a déterminé récemment la composition chimique de ces chromatophores singuliers et trouvé que, dans ces xanthoérythrophores la substance jaune est un mélange de lutéine et de zéaxanthine tandis que le pigment rouge est l'érythroptérine [12].

Les néoplasmes développés à partir de mélanophores sont les plus communes des tumeurs à cellules pigmentaires. On a trouvé ces tumeurs chez des représentants de onze ordres de Poissons osseux et cartilagineux [18]. Cependant on n'a pas encore trouvé de mélanome chez les Porte-glaive ou Xiphophores ni chez les Platys, sur plus de 20 000 exemplaires capturés qui ont été examinés avec soin. Mais au moyen des méthodes génétiques de croisement, on a pu observer des centaines de mélanomes chez des hybrides à taches noires obtenus à partir de souches de laboratoire de

PLANCHE I

Erythromélanomes de la tête

Platy × Xipho

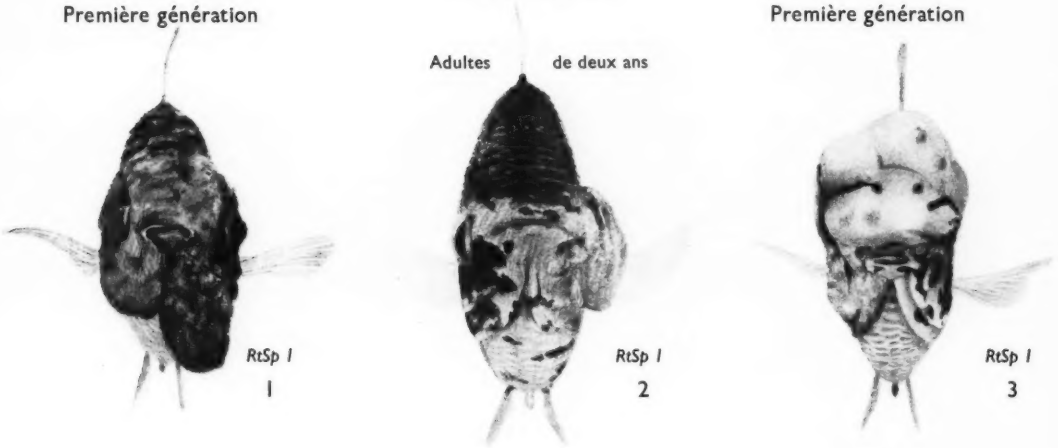
Platypoecilus maculatus *Xiphophorus hellerii*

Seconde génération

Première génération

Adultes de deux ans

Première génération



Descendance du croisement en retour

Individus d'un jour

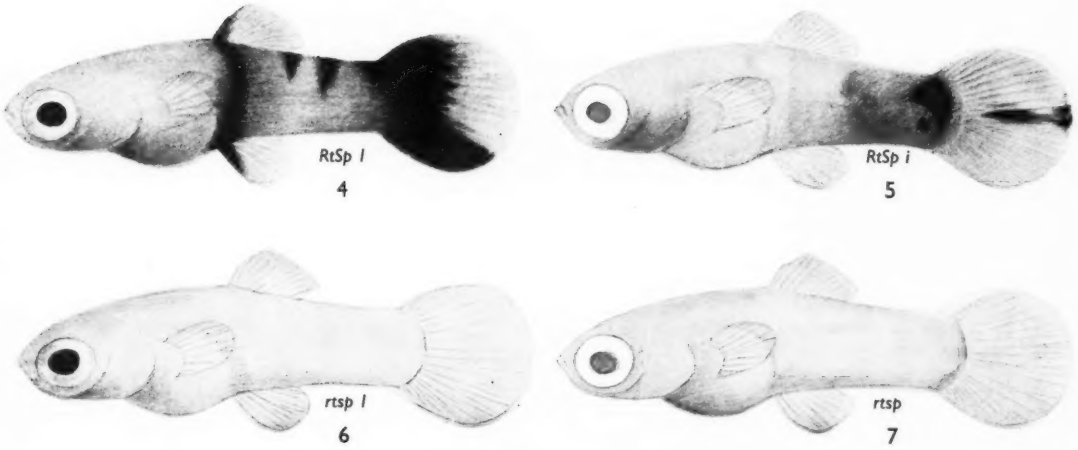


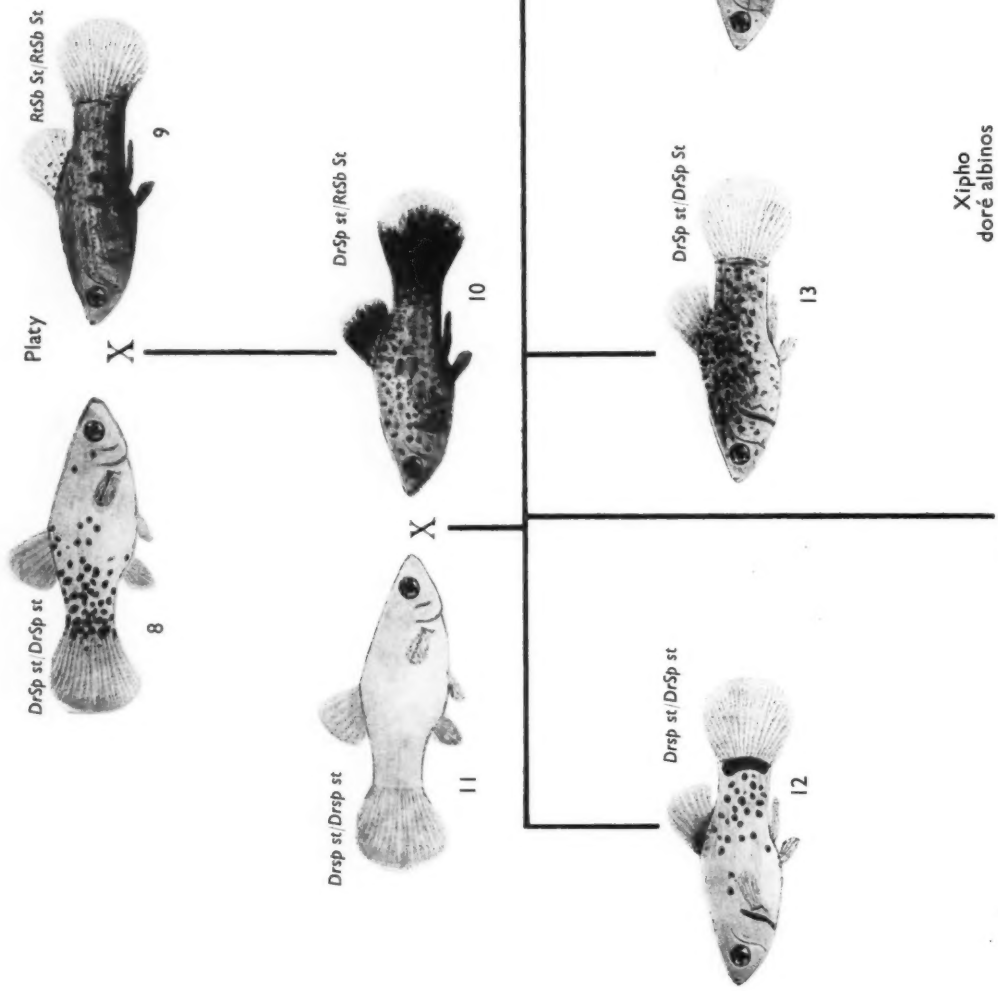
FIGURE 1 – *Vue de face de l'hybride Platy-Xipho n° 206–12 avec érythromélanome de la tête. Cet individu est figuré en vue latérale figure 20.* FIGURE 2 – *Hybride Platy-Xipho issu du croisement du n° 206–12 et d'un hybride normal. Voir un autre hybride de seconde génération porteur d'un érythromélanome de la tête figure 23.* FIGURE 3 – *Hybride Platy-Xipho n° 206–14 montrant une variation de la forme de l'érythromélanome de la tête.*

Les quatres phénotypes obtenus par croisement de l'hybride 206–12 en retour avec un Xipho doré, albinos. FIGURE 4 – *Coloration typique d'un hybride à gorge rubis, flancs tachetés.* FIGURE 5 – *Hybride à gorge rubis, flancs tachetés porteur des gènes albinos* ii; *noter les yeux roses.* FIGURE 6 – *Hybride doré; à yeux noirs.* FIGURE 7 – *Hybride doré, albinos; noter les yeux roses.*

Le type anormal est RtSp i (*figure* 5). *Ordinairement le gène albinos* ii *inhibe l'action du gène* Sp *régissant la formation de la mélanine, mais chez les individus porteurs de mélanomes, dont un est représenté ici, où* Sp *est associé à* A *et* B *la croissance autonome des mélanoblastes l'emporte sur l'effet inhibiteur de* ii *et la pigmentation noire se forme.*

PLANCHE 2

Génétique des Erythromélanomes



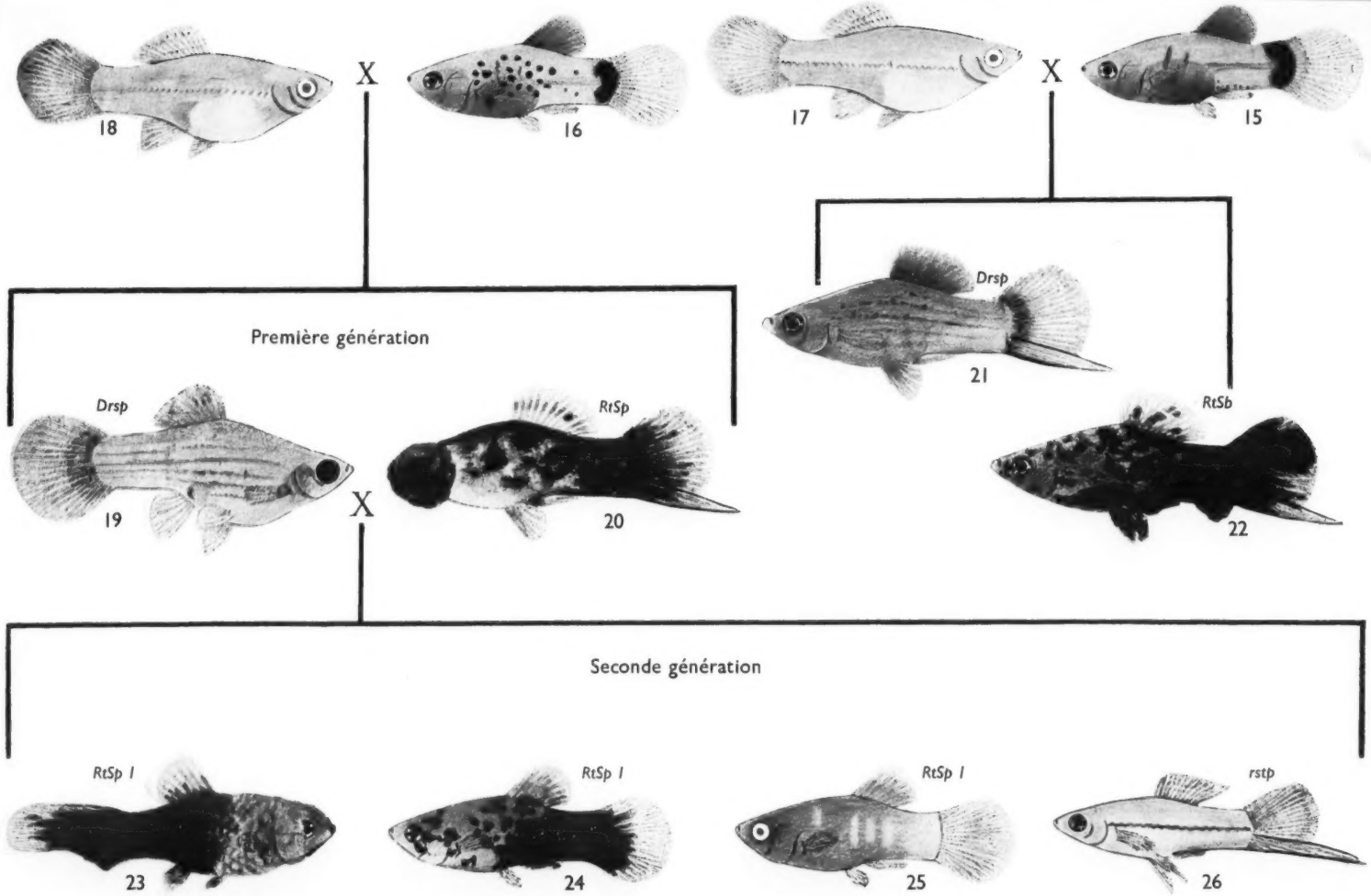


FIGURE 8 – *Platy femelle dorée, à nageoire dorsale rouge, tachetée de noir.* FIGURE 9 – *Platy mâle ponctué, à gorge rubis, ventre tacheté.* FIGURE 10 – *Platy mâle ponctué, à nageoire dorsale rouge, tacheté de noir, gorge rubis, ventre tacheté.* FIGURE 11 – *Platy femelle dorée, à dos rouge.* FIGURE 12 – *Platy mâle doré, à dos rouge et flancs tachetés.* FIGURE 13 – *Platy mâle ponctué, à dos rouge, et flancs tachetés.* FIGURE 14 – *Platy mâle ponctué, à dos rouge, gorge rubis, ventre tacheté.* FIGURE 15 – *Platy mâle doré, à dos rouge, gorge rubis, ventre tacheté.* FIGURE 16 – *Platy mâle doré, à dos rouge, gorge rubis, flancs tachetés (exceptionnel).* FIGURE 17 – *Xipho femelle dorée, albinos.* FIGURE 18 – *Xipho femelle dorée, albinos.* FIGURE 19 – *Hybride Platy-Xipho, femelle normale dorée, à dos rouge.* FIGURE 20 – *Hybride mâle doré, à gorge rubis, flancs tachetés avec érythromélanome de la tête.* FIGURE 21 – *Hybride Platy-Xipho doré, à dos rouge, normal.* FIGURE 22 – *Hybride doré, à gorge rubis, ventre tacheté, avec mélanome de la ligne médio-ventrale.* FIGURE 23 – *Hybride de seconde génération avec érythromélanome de la tête.* FIGURE 24 – *Hybride de seconde génération montrant la mélanose qui peut produire un érythromélanome avec l'âge.* FIGURE 25 – *Hybride albinos de seconde génération montrant l'inhibition de la pigmentation mélanique. Les xanthoérythrophores ne sont pas inhibés.* FIGURE 26 – *Hybride de seconde génération identique au Xipho mâle doré normal.*

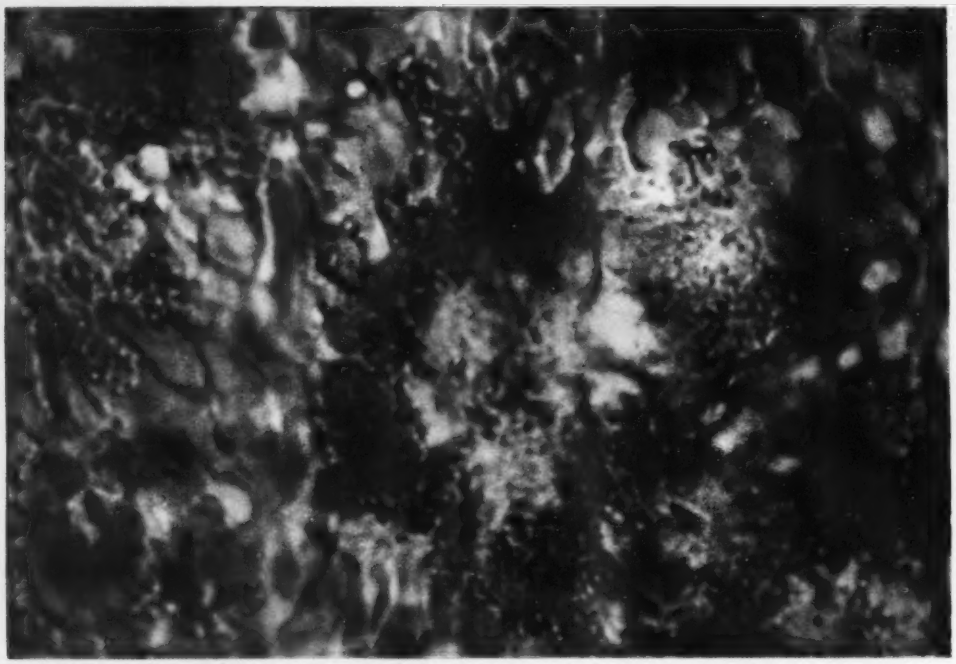


FIGURE 27 – *Xanthoérythrophore de* Xiphophorus hellerii. *Photographie d'une cellule vivante prise par Marian Hedenberg, aimablement communiquée par le Docteur H. B. Goodrich.* (× 1350)

Xiphophores et de Platys mexicains [3, 4, 5, 17, 18, 22].

Les tumeurs développées à partir d'autres cellules pigmentaires sont relativement rares chez les Poissons. Lors d'une investigation poursuivie pendant douze ans on a découvert seulement une tumeur argentée, un guanophorome chez une morue verte et une tumeur verdâtre, un «allophorome», chez un trigle [31, 32]. En Europe on a relaté une fois un xanthome chez un requin [28]. On a découvert quatre érythrophoromes chez des Poissons, deux truites et un thon en Europe, un carrelet (*Pseudopleuronectes americanus*) en Amérique [29, 33]. De plus dans des élevages en aquarium on a détecté trois érythrophoromes dans la région de la nageoire dorsale d'hybrides Platy-Xipho dorés, à nageoires rouges et un autre chez un hybride rouge à taches noires [8, 22, 30].

Au total le nombre de tumeurs rouges ou rouges et noires décrites pour l'ensemble des Poissons n'est que de huit; c'est exactement le nombre de cas de tumeurs rouges et noires trouvés dans une seule génération d'hybrides nés du croisement d'un Platy rouge, à taches noires et d'un Xiphophore albinos (planche 2). A cause de la grande fréquence de ces érythromélanomes, par ailleurs rares, il était intéressant d'analyser l'histoire génétique de ces animaux. Avant de décrire nos résultats, indiquons le rôle spécifique des macromélanophores dans le développement des mélanomes chez les hybrides Platy-Xipho.

Le Platy mexicain d'eau douce, *Platypoecilus maculatus*, possède plus d'une centaine de variétés de dessins noirs. Celles-ci dépendent de deux types de mélanophores les uns grands, les autres petits qui sont diversement répartis sur le corps. Les micromélanophores (contrôlés par le gène *St*) couvrent la surface entière et avec les xanthophores sous-jacents donnent au poisson une coloration vert-olive gris. Les macromélanophores (contrôlés par le gène *Sp*) sont visibles à l'œil nu et donnent au poisson une apparence tachetée.

Une longue série d'expériences génétiques sur des Platys et des Xiphophores diversement colorés a permis de découvrir que les macromélanophores (*Sp*) sont les cellules de départ du développement des mélanomes chez l'hybride [16, 17, 18]. L'expérience cruciale dépendait de l'acquisition,

d'une part, d'une lignée pure de Platys possédant des macromélanophores (*Sp*) mais sans micromélanophores (*stst*), d'autre part, d'un Xiphophore sans mélanophores du tout (*spsp stst*). Un Xiphophore albinos à yeux roses (*ii*) apparemment sans mélanophores était disponible, mais à l'essai il se révéla porteur du gène dominant pour les micromélanophores (*StSt*), le gène *St* producteur de mélanine étant inhibé par le gène *ii*. Quelques travaux préliminaires ont permis d'obtenir une race spéciale d'albinos récessive à la fois pour les micromélanophores et l'albinisme (*stst ii*). On croise alors une femelle Xiphophore albinos (*stst ii*) avec un Platy mâle portant seulement des macromélanophores (*stst Spsp*). Ce croisement peut être représenté génétiquement ainsi:

Xiphophore albinos — P_1 — *Platy à macromélanophores*
stst ii spsp × *stst II Spsp*
F_1 hybrides

stst Ii Spsp: 20 très noirs qui montrent des croissances hyperplasiques de macromélanophores; beaucoup ont des mélanomes.

stst Ii spsp: 29 jaunes, à yeux noirs normaux.

Cette expérience montre que seuls les macromélanophores sont à l'origine des mélanomes chez les hybrides Platy-Xipho.

L'interprétation génétique des érythromélanomes qui apparaissent en proportion significative dans une seule génération d'hybrides Platy-Xipho est mise en évidence par croisement entre un Platy mâle de couleur exceptionnelle et une femelle Xipho albinos. Le Platy mâle possédait une combinaison inhabituelle des gènes de couleur, *Rt* gorge rubis et *Sp* flancs tachetés; il fut obtenu lors d'une série d'études sur le mécanisme génétique de la détermination du sexe chez les Poissons. Au cours de cette analyse on avait réalisé un croisement entre deux lignées pures de Platys domestiques (14, 15].

Le grand-père du Platy exceptionnel possédait les gènes suivants et les caractères de couleur correspondants (planche 2):

Rt (*gorge rubis*), gène lié au sexe commandant les xanthoérythrophores, allélomorphe de *Dr*.

Sb (*ventre tacheté*), gène lié au sexe commandant les macromélanophores, allélomorphe de *Sp*.

St (*ponctué*) gène non lié au sexe commandant les micromélanophores et produisant la couleur grise du corps.

La grand-mère du Platy *RtSp* possédait les gènes suivants et les caractères de couleur correspondants:

Dr (*nageoire dorsale rouge*), gène lié au sexe commandant les xanthoérythrophores, allélomorphe de *Rt* [11].

Sp (*flancs tachetés*), gène lié au sexe commandant les macromélanophores, allélomorphe de *Sb* [11].

st (*ponctué*) gène récessif produisant la couleur dorée du corps, allélomorphe de *St* [13, 16].

Ainsi le croisement entre le Platy femelle à nageoire rouge et tacheté de noir et le mâle à gorge rubis ventre tacheté peut être représenté comme suit. W désigne un chromosome déterminant une femelle et Y le chromosome déterminant le sexe mâle dans les souches domestiques de Platys [15] (croisement n° 1; planche 2, figures 8 et 9).

Femelle — P_1 — *Mâle*
(W) *DrSp st*/(Y)*DrSp st* × (Y)*RtSb St*/(Y)*RtSb St*
F_1 Pedigree n° 104

24 filles: (W)*DrSp st*/(Y)*RtSb St*.

19 fils: (Y)*DrSp st*/(Y)*RtSb St* (planche 2, figure 10).

Un des mâles F_1 (élevage n° 104) est croisé avec une femelle dorée, à nageoire rouge d'une lignée homozygote pour les gènes *st* et *Dr*. Cette femelle porte deux chromosomes X caractéristiques des Platys sauvages, or quand on croise une femelle sauvage XX avec un mâle domestique YY on n'obtient pas de filles [15].

Les résultats obtenus dans ce second croisement peuvent ainsi s'exprimer (planche 2, figures 10 et 11):

Femelle — P_1 — *Mâle*
(X)*Drsp st*/(X)*Drsp st* × (Y)*DrSp st*/(Y)*RtSb St*
F_1 Pedigree n° 173

28 mâles: (X)*Drsp st*/(Y)*DrSp St* à dos rouge, flancs tachetés, couleur générale du corps olive (figure 13).

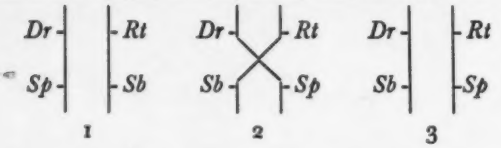
13 mâles: (X)*Drsp st*/(Y)*DrSp st* à dos rouge, flancs tachetés, couleur générale du corps dorée (figure 12).

32 mâles: (X)*Drsp st*/(Y)*RtSb St* à dos rouge, gorge rubis, ventre tacheté, couleur générale du corps olive (figure 14).

20 mâles: (X)*Drsp st*/(Y)*RtSb st* à dos rouge, gorge rubis, ventre tacheté, couleur générale du corps dorée (figure 15).

1 mâle: (X)*Drsp st*/(Y)*RtSp st*, Crossing-over exceptionnel; à dos rouge, gorge rubis, flancs tachetés, couleur générale du corps dorée (figure 16).

La présence d'un seul mâle exceptionnel *Drsp st*/*RtSp st* dans ce lot de 94 Platys peut être attribué à un crossing-over accidentel portant sur le chromosome Y du père, qui a produit un gamète contenant les gènes *Rt* et *Sp* par la méthode suggérée ci-dessous:



Ce crossing-over portant sur les chromosomes sexuels du Platy se produit à la fréquence de 1% [11, 14, 15].

Le mâle exceptionnel à gorge rubis et flancs tachetés *RtSp st/Drsp st* (Pedigree n° 173–15) a été utilisé pour deux expériences. On le croise d'abord avec un Xipho albinos récessif pour l'albinisme (*ii*) et pour la couleur dorée (*stst*) désigné par: *st i/st i* [18]. Le Platy étant comme le Xipho récessif pour la couleur dorée on n'indiquera plus le gène *stst*. *A* et *B* chez l'albinos (voir ci-dessous) représentent des facteurs multiples, postulés dominants, qui modifient la croissance normale des macromélanophores représentés par le gène *Sp* [17]. Le croisement n° 3 est alors (planche 2, figures 16, 18):

Xipho femelle (182–1) albinos	P_1	*Platy mâle* (173–15) nageoires rouges gorge rubis flancs tachetés
A B drsp i/A B rtsp i	×	*a b Drsp I/a b RtSp I*

F_1 Pedigree n° 206

18 *A B drsp i/a b Drsp I*, hybrides Platy-Xipho rouges normaux (figure 19).

14 *A B rtsp i/a b RtSp I*, hybrides mélaniques dont 8 présentent des érythromélanomes de la tête à 2 ans ou plus (figure 20).

Le même Platy mâle exceptionnel *RtSp st* (n° 173–15) a été croisé par la suite avec un Platy doré *rtsp st* appartenant à une souche domestique étroitement apparentée. Le croisement (n° 4) a produit 26 descendants dont 11 étaient phénotypiquement *RtSp st* et ne présentaient cependant aucune anomalie; les 15 récessifs *rtsp st* étaient eux aussi normaux. Des croisements postérieurs entre ces Platys domestiques (*RtSp st*) n'ont produit aucun individu à pigmentation anormale sur plus de 300 descendants arrivés à maturité. Ainsi les hybrides Platy-Xipho pathologiques de l'élevage n° 206 doivent être dus à une liaison particulière des gènes de couleur *RtSp* et des gènes modificateurs de couleur *A* et *B* du Xipho albinos.

En croisant un hybride Platy-Xipho mâle (206–12) porteur d'un érythromélanome de la tête avec une femelle de même génération normale (206–1) on a obtenu 102 hybrides de deuxième génération. Les résultats de ce croisement se représentent comme suit (n° 5; planche 2, figures 19, 20, 23, 24, 25, 26):

Femelle hybride (206–1) rouge normale		*Mâle hybride* (206–12) porteur d'un érythromélanome de la tête
A B drsp i/a b Drsp I	×	*A B rtsp i/a b RtSp I*

Le nombre de génotypes différents (non compris les résultats de crossing-over) dépasse le double du nombre d'hybrides F_2 obtenus actuellement. Pour cette raison, il n'est pas possible de faire une analyse génétique détaillée des 102 hybrides F_2. Cependant le nombre d'individus *RtSp* prévus peut aisément s'estimer à environ 50 pour cent, soit 51 sur les 102. Actuellement ils comprennent 53 hybrides *RtSp* dont 11 présentent des signes non équivoques d'érythromélanomes de la tête. Ce nombre (11) est petit par rapport au nombre calculé (39) si la combinaison de gènes *RtSp A B* induit à elle seule les tumeurs. Evidemment d'autres facteurs doivent intervenir, qui ne peuvent être mis en évidence dans cette expérience. (Voir quelques-uns des phénotypes planche 2, figures 23, 24, 25, 26.)

Il existe une autre démonstration indirecte de la nécessité de la liaison des gènes *RtSp* pour le développement des érythromélanomes chez les hybrides de Poissons. Dans la génération qui comprenait le mâle exceptionnel *RtSp* de l'élevage n° 173, on a choisi un mâle, à gorge rubis et ventre tacheté (*RtSb*), qui fut croisé avec un Xipho femelle albinos du même élevage que celui déjà utilisé. Ce croisement numéro 6 peut se représenter ainsi (planche 2):

Xipho femelle (182–2) albinos (figure 17)	P_1	*Platy mâle* (173–13) gorge rubis ventre tacheté (figure 15)
A B drsb i/A B rtsb i	×	*a b Drsp I/a b RtSb I*

F_1 Pedigree n° 207

14 *A B drsb i/a b Drsp I*, hybrides normaux à nageoires rouges, corps rouge (figure 21).

12 *A B rtsb i/a b RtSb I*, tous très mélaniques, dont 7 présentent des mélanomes typiques au milieu de l'aire ventrale à 1 ou 2 ans (figure 22).

Ceci prouve que la combinaison des gènes *RtSb* avec *A* et *B* produit des mélanomes, mais se montre incapable de produire des érythromélanomes. Les mélanomes *Sb* se trouvent ordinairement sur la face ventrale [18].

En vue d'étudier l'effet du gène albinos à l'état homozygote *ii* sur la manifestation des érythromélanomes *RtSp* on a pratiqué une expérience de plus au moyen d'un croisement en retour (croisement n° 7):

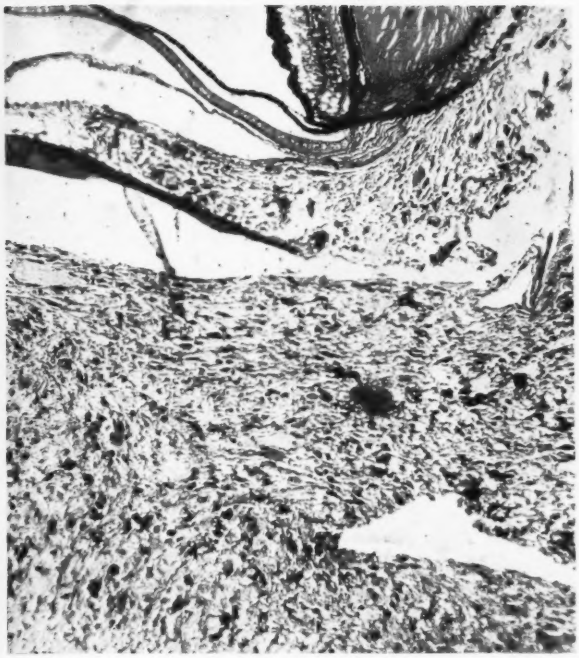


FIGURE 28 – *Coupe de l'érythromélanome au niveau de l'œil, à grossissement faible. Les taches noires sont les macromélanophores et les grises les érythrophores. La croissance est entièrement assurée par un reticulum conjonctif bien développé. Noter l'invasion des muscle, cartilage et os de l'œil.* (*Hématoxyline-éosine*, × 110)

FIGURE 29 – *Coupe de l'érythromélanome à fort grossissement, montrant un grand érythrophore avec son noyau. Cette cellule est entourée de plusieurs grands macromélanophores.* (*Hématoxyline ferrique*, × 610)

FIGURE 30 – *Coupe d'un érythromélanome montrant l'invasion d'un vaisseau sanguin, avec un érythrophore à droite du vaisseau sanguin et le macromélanophore très ramifié à gauche de ce vaisseau.* (*Masson*, × 610)

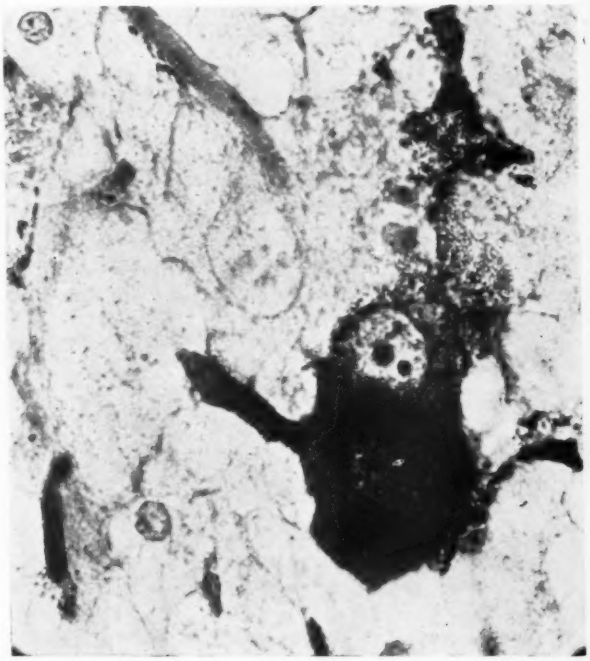


FIGURE 31 – *Coupe de l'érythromélanome montrant la destruction de la fibre musculaire dans le coin gauche supérieur. Au centre de la figure un macromélanophore avec son noyau. Epars en divers points, les noyaux de plusieurs érythrophores.* (*Masson*, × 610)

Xipho femelle (182²–6) albinos	P_1	*Mâle hybride* (206–12) à érythromélanome
A B rtsp i/A B rtsp I	×	*A B rtsp i/a b RtSp I*

Les phénotypes des descendants sont (Elevage no 241):

3 *RtSp i* albinos à yeux rouges, 2 avec des mélanomes amélaniques, 1 sans tumeur, à six mois, semblables à celui représenté sur la planche 1 figure *RtSp i*.

7 *RtSp I*, typiquement mélaniques, 3 avec mélanome à six mois.

7 *rtsp i*, albinos à yeux rouges normaux.

7 *rtsp I*, dorés, à yeux noirs normaux.

A la naissance les hybrides *RtSp i* présentaient des aires noires de pigmentation mélanique sur une partie du corps. Ceci est tout à fait remarquable puisqu'ils ont les yeux rouges et sont homozygotes récessifs pour le gène albinos. Les facteurs responsables des tumeurs, *Sp* agissant avec *A* et *B* masquent l'effet albinos (3, 4, 18). (Voir planche 1, Descendance du croisement en retour.)

L'étude de ces données génétiques révèle une relation significative entre l'association spaciale des gènes et leur effet. Le groupe de linkage *RtSb* du Platy, agissant avec les gènes modificateurs *A* et *B* du Xipho détermine le développement de mélanomes chez leurs hybrides. La substitution de *Sp* à *Sb*, donnant le groupe de linkage *RtSp* et l'introduction de cette combinaison de gènes dans un hybride Platy-Xipho produit des érythromélanomes de la tête.

Cependant, si les gènes *Rt* et *Sp* d'un Platy sont portés par des chromosomes sexuels séparés, le Platy à gorge rubis et tacheté de noir (*Rtsp/rtSp*) croisé avec un Xipho albinos produira plutôt des mélanomes que des érythromélanomes. Il en serait ainsi parce que la plupart du temps le Platy produit des gamètes contenant *Rtsp* ou *rtSp*.

Il m'est agréable de remercier l'*American Museum of Natural History* des facilités que j'ai trouvées dans ses laboratoires et le *National Cancer Institute of the United States Public Health Service* dont les subsides ont rendu ce travail possible. Je remercie également le Docteur Ross F. Nigrelli auteur des microphotographies qui m'a aussi aidé dans les diagnoses avec le Dr William Antopol, Monsieur Donn Eric Rosen auteur des dessins, Monsieur Sam C. Dunton auteur des photographies et Messieurs James W. Atz, Theodor R. Marcus, Walter Chavin, ainsi que Mademoiselle Olga Aronowitz qui ont bien voulu relire mon manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

[1] BALL, H. A. *Cancer Res.*, **6**, 134, 1946.
[2] BALLOWITZ, E. *Z. Wiss. Zool.*, **104**, 471, 1913.
[3] BREIDER, H. *Z. Zellforsch.*, **28**, 784, 1938.
[4] *Idem. Z. Wiss. Zool.*, **152**, 89, 1939.
[5] BREIDER, H., et SEELIGER, R. *Ibid.*, **151**, 243, 1938.
[6] DAWSON, J. W. *Edinb. Med. J.*, **32**, 510, 1925.
[7] DUSHANE, G. P. «Biology of Melanomas», N.Y. Acad. Sci., New York. 1948.
[8] ERMIN, R. *Rev. Fac. Sci. Univ. d'Istanbul*, **11**, 147, 1946.
[9] EWING, J. «Neoplastic Diseases», W. B. Saunders Co., Philadelphie. 1940.
[10] FELDMAN, W. H. «Neoplasms of Domesticated Animals», W. B. Saunders Co., Philadelphie. 1932.
[11] FRASER, A. C., et GORDON, M. *Genetics*, **14**, 160, 1929.
[12] GOODRICH, H. B., HILL, G. A., et ARRICK, M. S. *Ibid.*, **26**, 573, 1941.
[13] GORDON, M. *Genetics*, **12**, 253, 1927.
[14] *Idem. Ibid.*, **22**, 376, 1937.
[15] *Idem. Ibid.*, **32**, 8, 1947.
[16] *Idem. Amer. J. Cancer*, **15**, 732, 1495, 1931.
[17] *Idem. Ibid.*, **30**, 362, 1937.
[18] *Idem.* «Biology of Melanomas», N.Y. Acad. Sci., New York. 1948.
[19] GORDON, M., et SMITH, G. M. *Amer. J. Cancer*, **34**, 255, 1938.
[20] GRAND, C. G., GORDON, M., et CAMERON, G. *Cancer Res.*, **1**, 660, 1941.
[21] HADDOW, A., et BLAKE, I. *J. Path. Bact.*, **36**, 41, 1933.
[22] KOSSWIG, C. *Z. Indukt. Abstamm-. u. VererbLehre.*, **52**, 114, 1929.
[23*a*] LUCKE, B., et SCHLUMBERGER, H. G. *J. tech. Meth.*, **22**, 4, 1942.
[23*b*] *Idem. Physiol. Rev.*, **29**, 91, 1949.
[24] NIGRELLI, R. F. *Trans. N.Y. Acad. Sci.*, (2), **1**, 4, 1938.
[25] PARKER, G. H. «Animal Colour Changes and their Neurohumours», Cambridge. 1948.
[26] RAWLES, M. E. *Physiol. Zoöl.*, **20**, 248, 1947.
[27] REED, H. D., et GORDON, M. *Amer. J. Cancer*, **15**, 1524, 1931.
[28] SCHMEY, M. *Frankf. Z. Path.*, **6**, 230, 1911.
[29] SMITH, G. M. *Amer. J. Cancer*, **21**, 596, 1934.
[30] SMITH, G. M., COATES, C. W., et STRONG, L. C. *Zoologica*, **21**, 219, 1936.
[31] TAKAHASHI, K. *Z. Krebsforsch.*, **29**, 1, 1929.
[32] *Idem. Proc. Fifth Pacific Congress*, **5**, 4, 51, 1934.
[33] THOMAS, L. *Bull. Ass. Franç. Cancer*, **20**, 703, 1931.
[34] WEIDENREICH, F. *Z. Morph. Anthr.*, **2**, 59, 1912.

Polyènes cycliques et dérivés

WILSON BAKER

Dans cet article, le Professeur Wilson Baker nous parle des progrès récents dans la connaissance de certains composés cycliques conjugués de caractère non benzénoïde. On y rencontre des composés très intéressants comme la tropilone, les azulènes et divers corps cycliques méso-ioniques. Les recherches récentes ont montré qu'on s'était trompé dans la formule de bien des corps méso-ioniques déjà connus.

Depuis les débuts de la chimie organique systématique, on considère le benzène comme chef de file des carbures de la série aromatique. Initialement, en 1865, Kekulé lui attribua la formule du *cyclo*hexatriène (figure 1). Sept ans après, pour éviter la difficulté soulevée par la non-existence de plusieurs benzènes ortho-bisubstitués isomères, Kekulé suggéra que les doubles liaisons oscillaient entre les deux positions possibles. On sait maintenant que le benzène possède une seule structure, que l'on peut considérer comme hybride des deux cyclohexatriènes; dans la structure unique, par action réciproque des doubles liaisons conjuguées, il y a six liaisons carbone-carbone égales, de longueur 1,39 Å, intermédiaire entre celle d'une liaison simple (1,54 Å) et d'une liaison double (1,34 Å). L'action réciproque des liaisons amène une stabilité considérable de la molécule. Des calculs fondés, soit sur la chaleur de combustion, soit sur la chaleur d'hydrogénation (Kistiakowsky) montrent que la chaleur de formation du benzène dépasse de quelque 39 kilocalories par molécule-gramme celle de la molécule hypothétique de *cyclo*hexatriène sans action des doubles liaisons.

Ce supplément de chaleur de formation, appelé en général énergie de résonance, confère à la molécule une stabilité à laquelle on ne s'attendrait pas dans le cas du *cyclo*hexatriène, et c'est aussi pourquoi, dans la majorité de ses réactions, le benzène se comporte comme un composé qui réagit par substitution, plutôt que comme un éthylénique qui donnerait normalement des réactions d'addition. On s'est longtemps demandé si d'autres cyclènes conjugués, comme le *cyclo*butadiène ou le *cyclo*octatétrène (figure 2) possèderaient ces caractéristiques aromatiques typiques de stabilité et de saturation. On reconnaît maintenant la nécessité pour cela d'une action de résonance élevée entre les doubles liaisons des systèmes conjugués. De plus, il est essentiel que la molécule soit plane: il doit y avoir dans les structures extrêmes qui contribuent à l'hybride, exactement les mêmes positions relatives des atomes, et si cela n'est pas possible, à cause des tensions, la molécule ne sera pas aromatique, mais se comportera comme un *cyclo*polyène. Ces conditions sont manifestement remplies dans le cas du *cyclo*hexatriène, qui devient la molécule unique de benzène.

Cyclo*hexatriène* Cyclo*hexatriène*

Benzène

FIGURE 1

Dans le cas du *cyclo*butadiène, on doit certainement avoir une molécule plane, mais les angles intérieurs de 90° sont loin des angles C = C—C naturels de 120° et cela implique une tension plus forte qu'il faut pour compenser l'énergie de résonance. Par conséquent, on ne doit pas s'attendre à ce que le cyclobutadiène ait un caractère aromatique, et il est peut-être en fait trop instable pour exister.

Cyclo*butadiène* Cyclo*octatétrène*

FIGURE 2

Quant à la molécule de *cyclo*octatétrène, pour qu'elle soit plane, il faudrait des angles intérieurs de 135°, ce qui causerait une tension considérable et elle atteint sans doute une position d'équilibre où un gain de stabilité dû à la résonance est compensé par une perte de stabilité due à l'accroissement de tension.

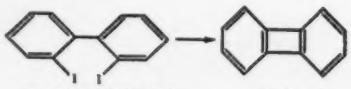
Cet article se propose de rendre compte de quelques progrès récents de notre science des composés cycliques conjugués de caractère non formellement benzénoïde.

CYCLOBUTADIÈNE ET DIPHÉNYLÈNE

Dans les premiers essais, Willstätter [1] essaya de préparer le *cyclo*butadiène par élimination

d'acide bromhydrique à partir du dibromo-1:2-*cyclo*butane. Il obtint ainsi de l'acétylène, des corps non cycliques et le bromo-1-*cyclo*butène-1. En 1942, Buchmann [2], plus ambitieux, essaya la perméthylation du di-diméthylamino-1:2-*cyclo*butane et obtint des dérivés du *cyclo*butane ou du *cyclo*butène. De ces expériences, on peut conclure que le *cyclo*butadiène n'est pas vraisemblablement un composé stable de caractère aromatique, ce qui s'accorde avec les considérations précédentes.

Les seuls composés connus que l'on puisse considérer comme dérivant du *cyclo*butadiène sont les diphénylènes (figure 3), corps remarquablement stables. Le diphénylène lui-même a été préparé par Lothrop en 1941 [3], par chauffage d'un mélange de di-iodo-2:2' diphényle et d'oxyde cuivreux et on a préparé ses homologues de la même manière.



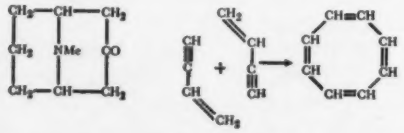
Di-iodo-2:2'-diphényle *Diphénylène*

FIGURE 3

Le diphénylène cristallise en aiguilles prismatiques jaune pâle, F: 110°, et donne facilement un picrate rouge vif. Comme c'est un produit difficile à obtenir, on a fait peu de recherches sur ses propriétés chimiques. On sait pourtant que par hydrogénation catalytique en solution alcoolique, en présence de nickel de Raney, il donne le diphényle avec un rendement élevé, ce qui indique une tension considérable du cycle à quatre atomes. Les diphénylènes sont les seuls composés connus qui possèdent un cycle à quatre atomes accolé à un noyau aromatique.

CYCLOOCTATÉTRÈNE ET DÉRIVÉS

C'est Willstätter qui a préparé le *cyclo*octatétrène pour la première fois, en 1911 [4] à partir de l'alcaloïde pseudo-pelletiérine (figure 4) qui contient un cycle *cyclo*octane ponté. Il y avait des étapes nombreuses et pas toujours très sûres dans



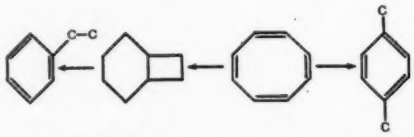
Pseudo-pelletiérine *Vinylacétylène* → cyclo-*octatétrène*

FIGURE 4

la préparation et le produit final, un hydrocarbure, jaune, instable, non saturé, n'était pas reconnu universellement comme devant être le *cyclo*octatétrène. Toutefois, on a répété récemment cette synthèse à partir de la pseudo-pelletiérine [5] et confirmé les points essentiels du travail de Willstätter.

Nous devons une synthèse très remarquable du *cyclo*octatétrène à Reppe [6] qui l'a réussie au cours de recherches extrêmement développées sur les possibilités de l'acétylène en synthèse. Reppe a montré qu'on pouvait manipuler sans danger de grandes quantités d'acétylène, dans des appareils spécialement construits, sous des pressions atteignant trente atmosphères. Il découvrit par accident, au cours d'une tentative de combinaison avec l'oxyde d'éthylène, qu'à une pression de 10 à 20 atmosphères, dans le tétrahydrofurane, en présence de cyanure de nickel, l'acétylène se transforme en *cyclo*octatétrène avec un rendement de plus de 70%. Pour expliquer la formation de *cyclo*octatétrène plutôt que de benzène, on est tenté de suggérer qu'il résulte de la dimérisation du vinylacétylène à la surface du catalyseur; la disposition en ligne droite de trois des carbones du vinylacétylène peut expliquer la facilité avec laquelle se forme le cycle à huit atomes (figure 4).

Du point de vue chimique, le *cyclo*octatétrène se comporte comme un polyène extrêmement réactif, non saturé, ne présente aucune propriété aromatique et n'a qu'une faible énergie de résonance de 12 kilocalories par molécule-gramme [7]. Ceci s'accorde avec la structure qu'on lui connaît, qui est gauche, avec des liaisons alterna-



Dérivé d'éthylbenzène *Bicyclo-(0:2:4)-octane* Cyclo-*octatétrène* *Dérivé de* p-*xylène*

FIGURE 5

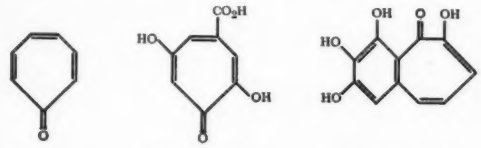
tivement simples et doubles; la molécule a probablement la forme «bassine», avec toutes les liaisons éthyléniques en *cis* [8]. Il s'hydrogène

Tétraphénylène *Dibenzo*-cyclo*octatétrène* sym.

FIGURE 6

facilement soit en *cyclo*octane, soit en *cyclo*octène; par oxydation ce dernier donne de l'acide subérique avec un rendement excellent. Ce qui montre l'instabilité du cycle du *cyclo*octatétrène, c'est la facilité avec laquelle il se convertit en dérivés benzéniques, en expulsant deux atomes de carbone. Il se produit alors des dérivés, soit de l'éthyl-benzène, soit du *p*-xylène. Le *cyclo*octatétrène se transforme aussi en dérivés du bi*cyclo*-(0:2:4)-octane, par exemple, sous l'effet du chlore ou du chlorure de sulfuryle et c'est peut-être un intermédiaire bicyclique de ce type qu'il faut envisager dans la formation de dérivés de l'éthylbenzène (figure 5).

On a préparé le tétra et le tribenzo*cyclo*octatétrène [9]; le premier a un cycle à huit atomes bouclé qui n'apporte aucune contribution à l'absorption ultra-violette de la molécule et semble n'être qu'un trou entouré par les quatre noyaux benzéniques; en fait, son autre nom: tétraphénylène, le décrit bien plus exactement. Dans le dibenzo-*cyclo*octatétrène symétrique [11], le cycle

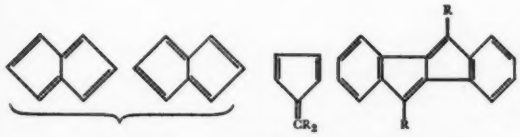


Tropilone *Acide stipitatique* *Purpurogalline*

FIGURE 7

à huit atomes n'a pas de propriétés aromatiques, les deux groupes —CH:CH— présentant le caractère non saturé habituel des éthyléniques (figure 6).

Un vif intérêt s'est porté récemment sur un type très remarquable de molécule de caractère partiellement aromatique. Il s'agit de composés du type de la tropilone (figure 7, qui contient trois doubles liaisons conjuguées dans un cycle de sept éléments, conjuguées à une double liaison carbonyle à l'extérieur du cycle. Cette structure se retrouve probablement dans l'acide stipitatique [12], l'alcaloïde colchicine [13], la purpurogalline (produit d'oxydation du pyrogallol) [14] et dans d'autres composés naturels.



Pentalène *Un fulvène* *Dibenzopentalènes*

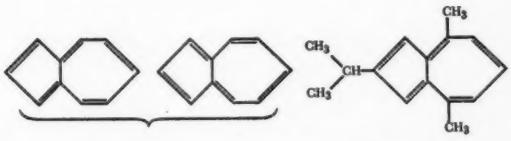
FIGURE 8

SYSTÈMES BICYCLIQUES

Certains systèmes bicycliques éthyléniques conjugués, qui contiennent des cycles à nombre impair d'atomes de carbone constituent de nouveaux types de composés aromatiques possibles. Le plus simple, le pentalène, est inconnu: il consisterait en deux cycles à cinq éléments accolés [15] (figure 8): il devrait satisfaire les conditions données précédemment comme nécessaires, pour qu'il y ait un caractère aromatique. Il y a deux structures de Kekulé identiques possibles; elles seraient planes et sans grande tension et ressembleraient de près aux fulvènes, qui contiennent un système conjugué de doubles liaisons, deux cycliques et une exocyclique et qui ne présentent, autant qu'on le sache, qu'un caractère faiblement aromatique [16, 17, 18].

LES AZULÈNES

Ces hydrocarbures remarquables ont des analogies étroites avec les pentalènes et possèdent un cycle à cinq éléments accolé à un cycle à sept éléments (figure 9) [19]. Comme pour les pentalènes, il y a deux structures de Kekulé possibles et la molécule peut être plate et sans tension excessive. L'attention s'est portée depuis longtemps sur les azulènes à cause de leur couleur intense, d'ordinaire bleue ou violette. Par exemple, une solution à 0,1% d'azulène lui-même dans un solvant hydrocarboné, a une couleur bleu pur assez intense, si bien qu'on peut en déceler immédiatement les moindres traces. Si les azulènes étaient



Azulène *Vétivazulène*

FIGURE 9

incolores, nous ne saurions probablement rien sur leur compte. On les a isolés à partir de certaines huiles essentielles et par deshydrogénation à haute température de dérivés hydrogénés incolores contenus dans ces huiles; on les a aussi préparés par deshydrogénation de composés synthétiques contenant le squelette hydrogéné de l'azulène (dérivé du bi*cyclo*-0:3:5-décane).

Les rendements en azulènes des deshydrogénations finales sont très faibles et ces hydrocarbures restent des curiosités chimiques dont on a rarement manipulé plus que quelques milligrammes. Il est heureusement facile de les séparer des composés

aliphatiques et aromatiques ordinaires, par suite de leur solubilité dans l'acide phosphorique à 85%. Ils donnent des solutions dont on peut les extraire par dilution à l'eau [20]. On sait peu de choses sur leur comportement chimique, à cause de leur inaccessibilité, mais il est évident que leur stabilité est considérable, et comme les carbures aromatiques polycycliques, ils forment des complexes avec des réactifs comme l'acide picrique et le trinitrobenzène-1:3:5. L'énergie de résonance du système azulénique est de 46 kilocalories par molécule-gramme [21], tandis que celle du naphtalène, son isomère, est de 77 kilocalories.

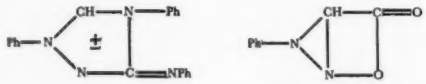
On a établi la structure des azulènes, à la fois par une dégradation contrôlée en dérivés du *cyclo*pentane et du *cyclo*heptane et par synthèse. Parmi les méthodes employées pour bâtir le système cyclique hydrogéné de l'azulène, il y a l'extension d'un cycle benzénique dans des dérivés de l'indane par l'ester diazoacétique et la méthode de Demjanow où il y a transformation d'une *cyclo*hexylméthylamine en dérivé du *cyclo*heptane par action de l'acide nitreux. On a aussi employé des méthodes plus traditionnelles pour bâtir le cycle à sept éléments accolé à cinq éléments et réciproquement. L'azulène se forme en petites quantités dans la polymérisation de l'acétylène (Reppe). C'en est pour le moment la synthèse la plus simple. Les azulènes naturels ne sont que des dérivés alkylés du chef de file; c'est ainsi que le vétivazulène est le diméthyl*iso*propylazulène de la figure 9. Il y a encore un autre système aromatique voisin de l'azulène, c'est celui qui résulte de l'union de deux cycles à sept éléments avec six doubles liaisons, mais ce composé, l'heptalène, est encore inconnu.

COMPOSÉS CYCLIQUES MÉSO-IONIQUES

Le réactif nitron (figure 10; on verra plus loin la signification du symbole ±) fut probablement le premier à être reconnu comme membre d'une classe particulière de composés aromatiques conjugués [22], appelés depuis, composés méso-ioniques. On a discuté les caractéristiques générales de ce type de composés à propos de la structure des sydnones, famille de composés préparés par Earl et ses collaborateurs à l'Université de Sydney [23]. On a trouvé que les N-nitroso-N-aryl-glycines:

$$Ar.N(NO).CH_2.CO_2H$$

donnent des composés stables, cristallisés, par perte d'une molécule d'eau en présence d'anhydride acétique. Ces sydnones sont solubles dans les hydrocarbures et autres solvants. Par hydrolyse avec les alcalis chauds, on régénère les N-nitroso-N-arylglycines, mais l'ébullition avec les acides cause une décomposition en gaz carbonique, acide formique et une arylhydrazine. On obtenait une sydnone analogue avec l'acide N-nitroso-α-anilino-propionique, mais elle donnait de l'acide acétique, du gaz carbonique et de la phénylhydrazine par hydrolyse. On a suggéré à tout hasard au début, une structure bicyclique pour les sydnones (figure 10) mais en plus des objections d'ordre général, cette formule ne s'accorde pas avec certains faits

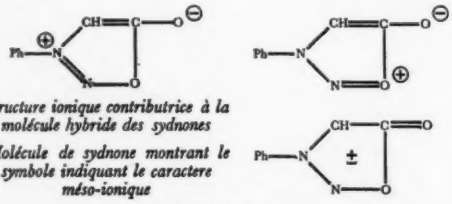


Nitron — *N-Phénylsydnone (structure bicyclique)*

FIGURE 10

[24]. Voici les plus importants: les sydnones ne se comportent pas comme des β-lactones; on ne peut pas préparer des sydnones optiquement actives [25], ce qui indique que le groupement CH ou CR n'est pas asymétrique; le noyau benzénique dans la N-phénylsydnone est chimiquement inerte et ainsi se conduit comme s'il était rattaché à un azote chargé positivement, plutôt qu'à un azote neutre. Enfin, le moment dipolaire des sydnones est élevé.

Il n'y a pas de formule totalement covalente qui représente de façon satisfaisante la structure des sydnones et leurs propriétés physiques excluent la possibilité d'un ion dipolaire, avec des charges positives et négatives fixes. On a donc proposé une autre structure où les électrons de la liaison en pont sont distribués entre les atomes du cycle de la sydnone, ce qui conduit à une structure unique qu'on ne peut représenter convenablement par aucune des formules qui utilisent les symboles conventionnels. La molécule est, en fait, un hybride de résonance, tout comme le benzène est essentiellement un hybride de résonance de deux structures de Kekulé, mais dans notre cas c'est un hybride d'un nombre plus grand de structures contributrices, toutes de caractère dipolaire ou



Structure ionique contributrice à la molécule hybride des sydnones

Molécule de sydnone montrant le symbole indiquant le caractere méso-ionique

FIGURE 11

tétrapolaire. On voit sur la figure 11 deux de ces structures contributrices, peut-être les plus importantes, ainsi que le symbole ± qui indique la nature de la molécule. Le terme de méso-ionique est censé exprimer l'idée que la structure est intermédiaire entre un certain nombre de formes ioniques. On a montré par la mesure du moment dipolaire de diverses sydnones [26], que l'atome d'azote attaché au groupement phényl porte une charge positive fractionnaire importante et que l'extrémité négative du dipole est dirigée vers l'atome d'oxygène du carbonyle.

Les composés méso-ioniques comme les sydnones appartiennent à un type rare de molécules qu'on ne peut représenter, même approximativement, ni par une structure covalente unique, ni, comme pour le benzène, par un hybride de quelques formes covalentes, ni comme les amides, par un hybride de formes covalentes et ioniques $-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-NH-$ et $-\overset{\overset{\displaystyle O^-}{|}}{C}=\overset{+}{N}H-$. Ce dont elles se rapprochent le plus, c'est des diazoïques aliphatiques qui sont des hybrides de deux formes ioniques dipolaires $>C=N^+=N^-$ et $>C^-—N^+\equiv N$, et des triazols qui sont de même des hybrides des deux formes $R—N=N^+=N^-$ et $R—N^-—N^+\equiv N$. Les composés méso-ioniques cycliques sont stabilisés par résonance et on peut dire en conséquence qu'ils ont un caractère partiellement aromatique. Remarquons par exemple, dans le cas des sydnones, que la plupart des structures contributrices ressemblent de près aux composés pentacycliques partiellement aromatiques, comme le furane, le pyrrole et l'oxazole. Ce caractère aromatique se reflète dans les propriétés générales des sydnones, dans leur résistance à l'hydrogénation catalytique et dans la possibilité d'effectuer des substitutions sur le CH lorsqu'il est libre, comme si ce groupement faisait partie d'un cycle benzénique. La présence d'un groupe aryle relié à l'hétérocycle n'est pas un caractère essentiel de la molécule de sydnone, puisque la N-*cyclo*hexylsydnone aussi bien que la N-benzylsydnone sont des composés typiques de cette famille.

On rencontre d'autres types de composés méso-ioniques dans la littérature chimique, mais on leur a généralement attribué des cycles à cinq éléments pontés en «endo», la plupart stéréochimiquement impossibles [24].

BIBLIOGRAPHIE

Articles généraux. BAKER. *J. Chem. Soc.*, 258, 1945; *Royal Coll. of Sci. J.*, **18**, 54, 1948.

[1] WILLSTÄTTER et VON SCHMAEDEL. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, **38**, 1992, 1905.
[2] BUCHMANN. *J. Amer. Chem. Soc.*, **64**, 2701, 1942.
[3] LOTHROP. *Ibid.*, **63**, 1187, 1941.
[4] WILLSTÄTTER et WASER. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, **44**, 3423, 1911; WILLSTÄTTER et HEIDELBERGER. *Ibid.*, **46**, 517, 1913.
[5] COPE et OVERBERGER. *J. Amer. Chem. Soc.*, **70**, 1433, 1948.
[6] REPPE. *British Intelligence Objectives Sub-Committee, Final Report*, **137**, Article 22.
[7] PROSEN, JOHNSON et ROSSINI. *J. Amer. Chem. Soc.*, **69**, 2068, 1947.
[8] KAUFMANN, FANKUCHEN et MARK. *Nature*, **161**, 165, 1948.
[9] RAPSON, SHUTTLEWORTH et NIEKERK. *J. Chem. Soc.*, 326, 1943; SHUTTLEWORTH, RAPSON et STEWART. *Ibid.*, 71, 1944.
[10] KARLE et BROCKWAY. *J. Amer. Chem. Soc.*, **66**, 1974, 1944.
[11] FIESER et PECHET. *Ibid.*, **68**, 2577, 1946.
[12] DEWAR. *Nature*, **155**, 50, 1945.
[13] *Idem. Ibid.*, **155**, 141, 1945.
[14] BARLTROP et NICHOLSON. *J. Chem. Soc.*, 116, 1948; HAWORTH, MOORE et PAUSON. *Ibid.*, 1045, 1948.
[15] ARMIT et ROBINSON. *Ibid.*, **121**, 828, 1922.
[16] BARRETT et LINSTEAD. *Ibid.*, 612, 1936.
[17] BRAND *et al. Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, **45**, 3071, 1912; **53**, 809, 815, 1920; **55**, 601, 1922; **69**, 2504, 1936. WAWZONEK. *J. Amer. Chem. Soc.*, **62**, 745, 1940.
[18] BAKER et LEEDS. *J. Chem. Soc.*, 974, 1948.
[19] ST. PFAU et PLATTNER. Nombreux articles dans *Helv. Chim. Acta*, depuis 1936. Revues: HAWORTH *Chem. Soc. Annual Reports*, **34**, 393, 1937; HARPER. *Ibid.*, **44**, 162, 1947; ARNOLD. *Die Chemie*, **56**, 7, 1943.
[20] SHERNDAL. *J. Amer. Chem. Soc.*, **37**, 167, 1537, 1915.
[21] HEILBRONNER et WIELAND. *Helv. Chim. Acta*, **30**, 953, 1947.
[22] SCHÖNBERG. *J. Chem. Soc.*, 824, 1938.
[23] EARL et MACKNEY. *Ibid.*, 899, 1935; EADE et EARL. *Ibid.*, 591, 1946.
[24] BAKER et OLLIS. *Nature*, **158**, 703, 1946; BAKER, OLLIS et POOLE. *J. Chem. Soc.*, 307, 1949.
[25] KENNER et MACKAY. *Nature*, **158**, 909, 1946; EARL. *Ibid.*, **158**, 909, 1946.
[26] BAKER, OLLIS, POOLE, BARLTROP, HILL et SUTTON. *Ibid.*, **160**, 366, 1947; EARL, LEAKE et LE FÈVRE. *Ibid.*, **160**, 366, 1947; *Idem. J. Chem. Soc.*, 2269, 1948; HILL et SUTTON. *Ibid.*, 746, 1949.

L'avenir de la construction en pierre en Angleterre

W. J. ARKELL

Aux yeux du visiteur d'outre-mer ce sont les anciennes et vénérables constructions en pierre: églises, collèges, maisons et villas, qui distinguent l'architecture britannique. L'emploi des briques et des blocs de béton fabriqués en masse selon la méthode moderne menace de porter une atteinte mortelle à l'usage de la pierre, dont pendant des siècles la Grande-Bretagne s'est enorgueillie. Le Docteur Arkell explique comment l'intervention de la science peut contribuer à la sauver.

Le 17 janvier 1949 le ministre de la Santé en Grande-Bretagne a pris l'engagement de contribuer par tous les moyens à faire revivre l'art de bâtir en pierre qu'il reconnaît comme étant l'une des plus anciennes et des plus importantes activités du peuple anglais. Il déclara que la mort du bâtiment en pierre serait un deuil national, et que ce serait un monstrueux attentat que d'étendre la lèpre rouge de la brique industrielle aux régions productrices de pierre à bâtir.[1]

Beaucoup de gens moins haut placés l'ont dit depuis plusieurs années: cela n'empêche que le coût des maisons en pierre augmente, et que l'exode des maçons continue vers des emplois d'un meilleur avenir. A Oxford et à Cambridge où il faut actuellement faire aux bâtiments en pierre les réparations retardées par la guerre et élever quelques constructions nouvelles, les collèges dépensent trois fois plus qu'ils n'auraient dépensé avant la guerre pour les mêmes travaux.

Par ailleurs, malgré la déclaration ministérielle précitée, un mémoire publié par l'Institut Royal des Architectes Britanniques[2] démontre que la véritable source du mal réside dans la politique gouvernementale, qui jusqu'ici impose la construction économique des maisons d'habitation, à un moment où elle donne priorité à celles-ci au détriment de tout autre genre de construction. Le mémoire ajoute qu'une économie bien comprise exigerait plutôt un emploi plus répandu de la pierre dans les constructions subventionnées par l'Etat; les architectes ne songent aucunement à mettre de côté la pierre comme matériau de construction et ont confiance que l'art du maître-maçon survivra.

D'autre part, une trop rapide extension des constructions en pierre présente certains dangers. La pierre franche de bonne qualité n'est pas facile à trouver, et même dans les régions où elle abonde il faut savoir la découvrir et la distinguer: il faut en avoir une longue expérience si l'on veut éviter des déboires. C'est en effet grâce à la longue expérience des maçons et des carriers autant qu'à un choix minutieux, que les pierres des cathédrales et des églises du moyen âge ont pu subir sans dommage l'assaut de tant de siècles. Plusieurs collèges et églises d'Oxford bâties au cours des 17e et 18e siècle avec de la pierre d'Headington prise sur les lieux, offre un exemple de ce qui peut arriver quand on ne prend pas assez de précaution: en moins d'un siècle ces pierres s'effritèrent et les réparations coûtèrent des centaines de milliers de livres sterling. On commit la même erreur vers la fin du 19e siècle quand on éleva de nouveaux bâtiments à Oxford en employant une autre pierre de la région, provenant de Milton près de Burford: deux fois dans l'espace de 40 ans il fallut revêtir à grands frais et même rebâtir en partie l'église universitaire de *St. Mary* parce que la pierre de Milton n'avait pas tenu. Pourtant la carrière de Milton s'avoisine aux célèbres carrières de Taynton qui fournirent pendant des siècles de la pierre réputée, que l'on peut voir encore dans des édifices d'Oxford cinq où six fois centenaires. Même expérience avec la pierre de Doulting: les maçons du moyen âge savaient choisir de la pierre capable de durer 600 ou 700 ans, par exemple quand ils élevèrent la façade ouest de la cathédrale de Wells. Il se trouve néanmoins que des pierres de Doulting provenant des carrières contiguës, employées à Oxford entre 1870 et 1900 sont déjà fortement entamées, et qu'il sera nécessaire de les remplacer bientôt.

[1] *The Times*, 18 janvier 1949.

[2] «Statement on the Use of Stone». *Royal Institute of British Architects, Londres.* 1949.

FI
ba
co
vo
Sa
su
d'
fo

FIG
pay

FIG
Por

FIGURE 1 – *Tour saxonne à Brixworth, Northants, élevée probablement avant l'an 700 Ap. J.C.: pratiquement indestructible, construite avec des blocs de roche dure provenant d'une moraine voisine, mêlés à des libages du pays, sans parement de pierre franche. Sauf que l'étage supérieur a été démoli et reconstruit, la tour n'a subi aucune réparation importante. C'est un musée pétrologique d'échantillons de roches, amenés pour la plupart par les glaces de la forêt de Charnwood.*

FIGURE 2 – *Tour saxonne à Earls Barton, Northants, construite en moellons bruts, avec parements en pierre bourrue dure de Barnack, venant des carrières des environs de Stamford sur la Nene, à 70 km en aval. Exemple d'un bâtiment construit depuis mille ans, sans pierre franche. Les bandes en relief sont destinées à renforcer le moellonnage des murs. Certains ornements imitent peut-être les constructions en bois.*

FIGURE 3 – *Maisons municipales construites en moellons du pays à Langton Maltravers, Isle of Purbeck.*
(Avec l'aimable autorisation du rédacteur en chef de Mercury*)*

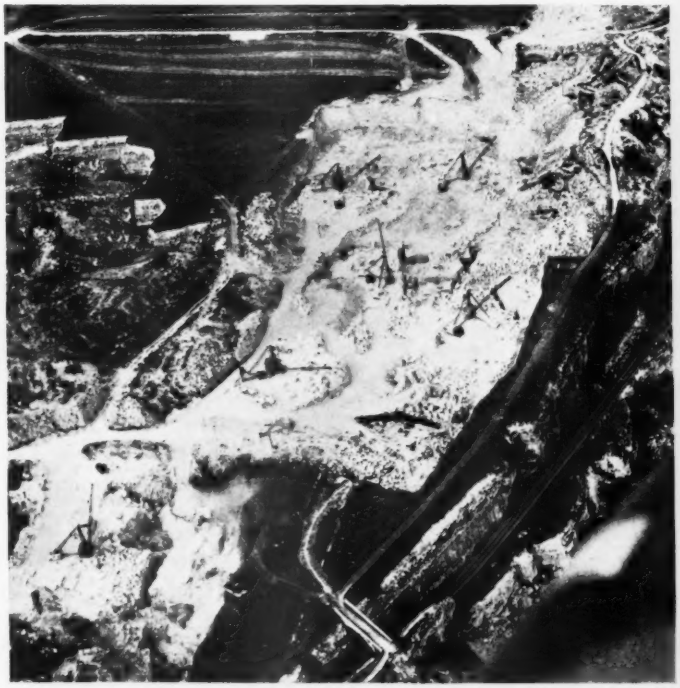


FIGURE 4 – *Vue aérienne de certaines carrières de pierre de Portland.* *(Avec l'aimable autorisation du Dr J. K. St. Joseph)*

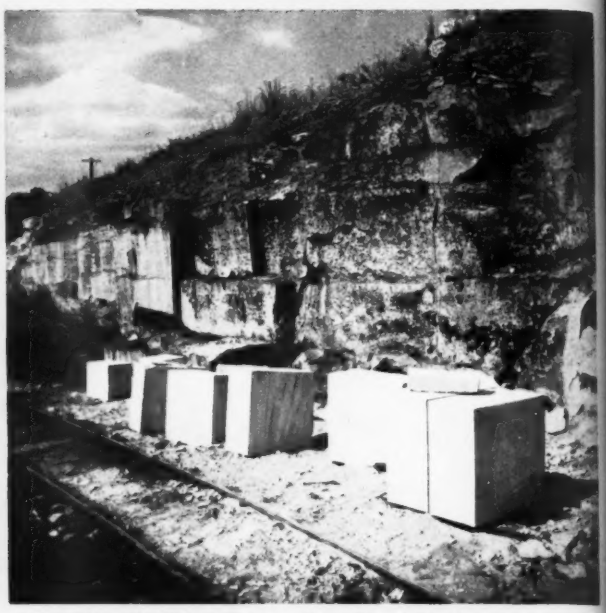


FIGURE 5 – (*a*) *Carrières de pierre franche à Weldon, Northants, avec outillage, et* (*b*) *récente photographie des carrières de Weldon, montrant des blocs de pierre franche façonnés à la scie. La carrière avoisine avec la nouvelle ville des ouvriers d'aciérie à Corby; elle a fourni des pierres semblables à celles-ci pour la construction de King's College à Cambridge de* 1500 *à* 1515 *et celle de Clare College, Corpus Christi et Trinity.*

FIGURE 6 – *Réfection du hall de Trinity College à Cambridge, juin* 1949. *L'enlèvement du stuc lézardé laisse à découvert les murs primitifs en moellons bruts* (1604) *où entrent surtout de l'argile schisteuse du pays et du calcaire de Cornbrash des environs de Peterborough. Les nouveaux parements sont en pierre franche de Ketton.*

Tout ceci enseigne que des pierres provenant du même gisement peuvent être si différentes quant à leur résistance aux intempéries que, bien qu'elles soient d'âge géologique semblable et présentent des caractères extérieurs identiques, il est imprudent d'utiliser des pierres choisies sans discernement dans l'affleurement d'un gisement ou même dans des carrières avoisinant une carrière célèbre: il faut aller au banc primitif de la carrière primitivement découverte par les vieux ouvriers et qui ont subi l'épreuve du temps. Quand on pense que dans la même carrière il existe bien souvent des différences de nuance, de texture, de dureté et surtout de résistance, l'on se rend bien compte qu'il est absurde de combler de vieilles carrières avec des immondices comme l'ont fait tant d'administrations régionales britanniques.[1]

Un autre danger qui, lui, touche aux considérations esthétiques que l'on s'accorde à tenir pour l'un des principaux objectifs des constructions en pierre, c'est le mélange de pierres de différentes provenances, choisies seulement à cause de leur résistance reconnue. Ce danger est particulièrement grand à l'heure actuelle que le coût du transport ne représente qu'une infime partie des frais de construction. Le transport automobile a réduit presque à néant l'avantage de la proximité des sources d'approvisionnement. Et pourtant ce qui plaît dans les constructions d'un pays à pierre, c'est justement le cachet particulier de ses pierres. Apporter du grès, du granit, ou du calcaire de Mendip dans les Cotswolds serait un aussi monstrueux attentat que d'y apporter de la brique rouge.

Cependant c'est évidemment la science qui pourrait nous fournir le moyen de reconnaître le degré de résistance des pierres, remplaçant ainsi l'art disparu de nos anciens maîtres ouvriers, lequel se basait sur une sorte d'intuition et sur l'expérience. La question a été étudiée avec d'excellents résultats à la Station de Recherches du Bâtiment à Watford, près de Londres: elle paraît simple à première vue mais se révèle à l'examen passablement compliquée. Chaque type de pierre présente un ensemble distinct de caractères, et ceci entraîne un genre de dégradation différent, selon la sorte d'intempérie à laquelle la pierre est exposée: dégradation de nature soit chimique soit mécanique, et généralement participant des deux à la fois. Pas de règle applicable à toutes les pierres: chacune doit faire l'objet d'une étude particulière.

Pour la pierre de Portland et autres oolithes semblables, l'épreuve la plus sûre est celle de la cristallisation: imbiber des fragments de dimension déterminée dans une solution de sulphate de soude à 14%, et faire sécher sous surveillance dans un four. La force de la cristallisation fait éclater la pierre faible mais pas la forte. De semblables effets se produisent quand la pluie gèle dans les couches superficielles de certaines pierres. On pourrait en déduire que le degré de porosité est un bon indicateur de résistance; mais il n'en est rien. Par exemple, la pierre de Ketton, un des plus résistants des oolithes, est aussi un des plus poreux: quand on verse un bidon d'eau sur un bloc dégrossi en carrière, celui-ci l'absorbe en entier sans en perdre une goutte.

Cela est dû, semble-t-il, à l'existence de deux genres de porosité: l'une, la macroporosité, provient d'espaces entre les grains, l'autre, la microporosité, est due à de minuscules cavités à l'intérieur des grains. Qu'il y ait plus ou moins de macroporosité, cela n'affecte en rien la résistance, mais il en va tout autrement de la microporosité. Au moyen de mesurages délicats (en usant d'une variante de la méthode capillaire) il a été démontré à la Station de Recherches du Bâtiment que les pierres de résistance reconnue ont la plus faible microporosité, et vice-versa. Par ailleurs ces constatations confirment les résultats de l'épreuve par cristallisation. Il sera donc possible à l'avenir, en prélevant des échantillons à intervalles choisis, au cours d'une construction, de déceler des changements imperceptibles dans une pierre franche, au fur et à mesure qu'on l'extrait de la carrière, et d'éliminer les éléments impropres. Les autorités responsables devraient se mettre au courant de ces expériences et faire en sorte qu'elles soient rendues possibles sur une échelle suffisante quand la construction en pierre reprendra faveur.

Quand on parle de construction en pierre trop de gens ne pensent qu'à la pierre de taille. Celle-ci, en réalité, exigeant de la pierre franche de grande classe, n'est que la pièce de parade de la maçonnerie et n'a aucune chance de se généraliser. La plupart des bâtiments en pierre en Grande-Bretagne, villas, fermes, maisons d'habitation et granges, sont faits de limosinage avec ou sans assises, où entrent des moellons extraits de petites carrières locales. Ces pierres sont beaucoup plus répandues que la pierre franche, s'obtiennent et se travaillent plus facilement, ne s'écaillent ni

[1] Grâce aux protestations exprimées par l'organe du Congrès International de Géologie de 1948, quelques carrières ont été sauvées. Bien qu'aucune administration régionale ne puisse plaider l'ignorance, il faudra toutefois que le public soit constamment sur le qui-vive.

ne se dégradent. Elles sont, en outre, les seules pierres qui conviennent à la plupart des bâtiments qu'il faut construire hors des grandes villes. C'est donc des libages et de l'appareil en moellons smillés que dépend l'avenir de la construction en pierre en Angleterre.

Dans l'Ouest, des Cornouailles au Northumberland et dans tout le pays de Galles, il n'y a pas de pierre franche, bien que les gisements rocheux y foisonnent. On y extrayait localement des moellons d'un grand nombre de petites carrières où l'on trouvait de la pierre dure. Il en fut de même dans les Cotswolds et ailleurs dans la zone oolithique principale, ainsi que dans des localités de moindre importance dont les pierres ont fait la réputation du paysage anglais: les villes et les villages en grès ferrugineux du nord de l'Oxfordshire et de certaines parties du Northamptonshire, les villages et les églises de grès vert le long de l'affleuvement du *Greensand* inférieur dans le Bedfordshire, le Cambridgeshire et le Norfolk: les villages de pierre grise réputés de Purbeck, y compris Old Swanage; les villages en moellons de *coral rag* du Wiltshire septentrional et du Val du Cheval Blanc, qui s'étendent de Calne à Wytham, Old Headington et Wheatley, en passant par Wootton Bassett, Highworth et Faringdon. Nous touchons ici à ce qui constitue l'essence même de l'apanage traditionnel de la campagne anglaise qu'il faut s'efforcer de maintenir non comme une pièce de musée condamnée à dépérir, mais comme un organisme vivant en plein développement.

Depuis quelque trente ans, dans certaines régions que l'auteur connaît personnellement, les autorités locales condamnent à être démolies de vieilles maisons en moellonnage, couvertes d'un ardoisage en pierre, ou de chaume, même quand des architectes certifient qu'elles peuvent être restaurées et converties en habitations sûres et salubres. Les petites carrières qui ont donné tant de belles et inusables pierres, ayant d'abord été abandonnées en raison de la concurrence des briques fabriquées en masse et des blocs de béton, ont été systématiquement comblées avec des immondices par ordre des autorités régionales. Après la première guerre mondiale les constructeurs spéculateurs et après la deuxième les autorités régionales ont, à quelques notoires exceptions près (figure 3) défiguré le tableau si varié et délicat de la campagne anglaise, en y superposant de nouvelles maisons groupées ou alignées, toutes faisant hideusement tache, et d'une morne uniformité de plan et de matériau.

Il n'est pas trop tard pour sauver une partie de nos trésors et pour remettre la construction dans la voie traditionnelle en ne la faisant plus dépendre d'avantages matériels transitoires. L'industrie de la pierre n'est pas morte et peut être tirée de l'oubli. Les maçons habiles et consciencieux, l'expérience et le savoir des carriers, transmis de génération en génération, se font de plus en plus rares, mais peuvent refleurir. A quelques milles des carrières désaffectées de Barnack d'où les Romains tirèrent leurs bornes miliaires et leurs sarcophages, et les Saxons et les Normands les belles pierres des nombreuses églises qui existent encore (figure 2), les carriers de Weldon travaillent encore la magnifique pierre franche de nuance crême (figure 5). Dans la commune voisine de Corby on projette de construire une nouvelle ville pour 40 000 ouvriers d'aciérie. Combien de ces constructions subventionnées par l'Etat se feront avec la pierre du pays qui abonde sur les lieux ? Voilà l'occasion pour l'Etat de prendre l'initiative d'une pépinière de maçons et de carriers, où l'on pourrait apprendre tout en travaillant. Ou alors, l'inauguration de cette nouvelle ville parmi les carrières du Northamptonshire, marquera-t-elle l'abandon définitif de ces carrières ?

Jusqu'ici tout laisse croire qu'il en sera ainsi. Même les nouvelles maisons municipales de Clipsham, destinées aux carriers de l'endroit, seront construites en briques parce que le Ministère de la Santé ne veut pas sanctionner un supplément de dépenses de plus de 133 livres sterling par maison. Malheureusement la construction en pierre entraînerait un supplément de 300 livres par maison, même en tenant compte de l'offre de fourniture gratuite de moellons de la part du propriétaire des carrières de Clipsham. La majoration provient principalement des frais de main d'œuvre pour le dégrossissage, des achats de pierre franche pour les parements, de fondations plus solides et des murs plus épais. Ainsi, faute de 167 livres par maison, en tout 2000 livres, le village de Clipsham logera ses carriers dans douze maisons en briques.

En présence de tels faits une vigoureuse réaction s'impose de la part des autorités, sous forme de recherches destinées à réduire le coût des travaux en pierre. De même, par exemple, que l'air comprimé a fourni à Clipsham une nouvelle méthode de façonner la pierre franche sur place, on pourrait inventer quelque moyen mécanique de dégrossir les moellons. Ce sont là des questions qui ne sauraient être plus longtemps négligées si les paroles du Ministre de la Santé, citées au début de cet article, sont autre chose que du vent.

L'Astronomie en Afrique du Sud

DAVID S. EVANS

L'Afrique du Sud a été surnommée le paradis des astronomes et il est certain que, par rapport à sa population, elle possède plus d'observatoires en activité qu'aucune autre région du monde. Les circonstances en ont fait le siège de l'astronomie de l'hémisphère sud; on peut espérer qu'il en sortira une école distincte d'astronomie sud-africaine dont les réalisations pourront rivaliser avec celles des chercheurs de l'hémisphère nord, ses aînés.

Les liens de l'Afrique du Sud avec l'astronomie ne sont pas d'hier; il y a plusieurs siècles déjà, la route des Indes nouvellement découverte avait fait du Cap de Bonne Espérance un havre pour les navires et un point de repère pour la navigation incertaine de l'époque. En 1685, des missionnaires jésuites sous la conduite du Père Tachard en route pour le Siam, s'arrêtèrent au Cap et essayèrent d'en fixer la longitude, ce que nombre de leurs successeurs devaient faire à leur tour par après. Cependant, le plus important des premiers astronomes en Afrique fut l'Abbé La Caille qui arriva en 1751 et qui, en un an à peine, non seulement effectua un nombre remarquable d'observations, mais jeta aussi les bases d'un catalogue de 10 000 étoiles du sud et fit des observations afin de déterminer les parallaxes de la lune et du soleil. Il était là le précurseur de toute une étude, et en plus, par son tracé d'une courte fraction de l'arc d'un méridien de la surface terrestre, il a fondé une voie de recherche qui devait plus tard prendre une ampleur incomparable.

En ce temps-là le Cap appartenait aux Hollandais, mais en 1814 par cession et par vente, il passa à la Grande-Bretagne. En 1820 l'Amirauté jugea utile d'établir un observatoire permanent au Cap afin de venir en aide à la navigation, de pourvoir les navires d'un service horaire et d'observer les étoiles du sud qui ne sont pas visibles en Europe. En conséquence, le Révérend Fallows fut le premier, au Cap, d'une lignée distinguée d'astronomes de Sa Majesté. Il érigea son observatoire dont les bâtiments furent achevés cinq ans plus tard, en un point situé au nord-est de la Montagne de la Table d'où il était facile d'envoyer des signaux aux navires voguant dans la Baie de la Table. Ces premières années furent pénibles; la campagne avoisinante se composait de sable et de boue, et l'on connaît plus d'une histoire d'hippopotames de la rivière voisine ainsi que celle du tigre du Cap (léopard) trouvé endormi sur les toits de l'Observatoire. Néanmoins, Fallows fut le digne précurseur de successeurs remarquables.

En 1832, Henderson lui succéda au poste, et bien qu'il dût y renoncer en 1833 pour raisons de santé, le temps trop court qu'il passa à l'Observatoire reste marqué à jamais par ses observations qui ont permis de mesurer pour la première fois la distance d'une étoile, *Alpha du Centaure*. Thomas Maclear, qui le remplaça en 1833, eut tout le temps, au cours de ses 37 années de service, de faire une réputation solide à l'Observatoire. En plus des services éminents qu'il a rendus à l'astronomie de l'hémisphère sud, sa vérification minutieuse et son extension de l'arc de méridien de La Caille fut très précieuse pour la géodésie. C'est sous Maclear que Herschel entreprit sa célèbre expédition au Cap de 1834 en 1838; il érigea à Feldhausen, près de la ville du Cap, le réflecteur de 6 mètres de son père, afin de balayer systématiquement les cieux de l'hémisphère sud comme son père l'avait fait pour l'hémisphère nord. Au cours de ce balayage il découvrit quelque 1200 étoiles doubles et environ 1500 nébuleuses; il détermina la grandeur des étoiles les plus brillantes et il effectua un grand nombre d'observations particulièrement intéressantes.

Sir David Gill est sans contredit le plus fameux des successeurs de Fallows. Il avait été l'élève de Clerk Maxwell en Ecosse, et, après avoir fait un peu d'astronomie en amateur, il liquida ses affaires et devint l'astronome privé du Comte de Crawford (Lord Lindsay). C'est en cette qualité qu'il se rendit à l'île Maurice afin d'y observer un passage de Vénus; on en escomptait des données sûres pour déterminer la parallaxe du soleil. Au cours de la même expédition il effectua également des observations qui, jointes à d'autres faites à Aden et à Durban, devaient permettre de fixer la longitude du Cap avec une précision considérable.

Du temps de Gill, de 1879 en 1907, un travail considérable fut accompli à l'Observatoire Royal

du Cap. Non seulement Gill continua à cataloguer les étoiles du sud, ce qui était une tâche immense en soi, mais en outre il révolutionna l'astronomie en y introduisant la photographie afin de déterminer la position des étoiles. Le début de cette innovation date de 1882, lorsque, assisté d'un photographe professionnel, il photographia une comète; la conséquence directe en fut la création du *Durchmusterung* photographique du Cap, un catalogue dans lequel la position de près d'un demi-million d'étoiles était déterminée: les réductions avaient été faites grâce à la collaboration de Kapteyn, le célèbre astronome hollandais. Une autre conséquence fut le projet de photographier le ciel tout entier: ce projet prit forme plus tard sous le nom de *Carte du Ciel* et devait s'effectuer par tous les observatoires du monde travaillant de concert et se servant d'instruments standardisés. C'est en partie à l'intérêt témoigné par Kapteyn à ce travail que Gill doit d'avoir découvert les courants stellaires, les mouvements préférentiels des étoiles proches du soleil; Gill annonça cette découverte au congrès de la British Association en Afrique du Sud en 1905.

Loin de se contenter de tout cela, Gill s'efforça de déterminer la parallaxe du soleil et la masse de la lune au moyen d'un héliomètre. L'objectif de l'héliomètre est divisé en deux: le mouvement relatif des deux moitiés est destiné à faire coïncider l'image des deux objets dont on veut connaître la séparation angulaire. Gill s'en est servi également pour déterminer la distance d'une quantité d'étoiles du sud et sa précision n'a été surpassée que lorsque l'héliomètre fut supplanté par les méthodes photographiques qui exigent bien moins de temps au télescope et dont les résultats s'acquièrent au prix de calculs beaucoup plus courts.

Enfin, c'est à Gill que nous devons l'idée de faire le relevé d'un arc du méridien qui traverse toute l'Afrique de bas en haut, afin de déterminer la forme exacte de la terre. Ce projet n'a pas encore été réalisé entièrement à ce jour, mais il est surprenant de voir tout ce qui a été accompli du temps de Gill, surtout lorsqu'on pense aux régions désolées qu'il a fallu traverser: certaines d'entre elles étaient si arides qu'il était impossible d'y travailler, faute d'eau, sauf lorsque les melons d'eau étaient mûrs.

L'œuvre de Gill mérite qu'on lui consacre ici une juste place, non seulement parce qu'il a eu une telle influence sur le cours de la science en Afrique du Sud, mais aussi parce que l'Observatoire Royal a pris une extension stupéfiante sous sa direction. C'est de son temps que Frank McClean fit don à l'Observatoire du réfracteur Victoria de 60 cm qui est toujours en usage, et c'est encore pendant sa période de service que Franklin-Adams exécuta au Cap une partie des cartes photographiques du ciel austral. L'impulsion que Gill a donnée à l'Observatoire s'est maintenue: on s'y préoccupe toujours de l'astronomie fondamentale du ciel méridional, mesures de positions et de parallaxes, et, depuis peu, mesures de la grandeur des étoiles. La même grande tradition n'a jamais été rompue: c'est sous la direction de l'astronome royal Sir Harold Spencer Jones, qui était alors astronome de Sa Majesté au Cap, que fut réalisé en 1931 le projet international de détermination de la parallaxe du soleil en faisant des observations sur Eros, et l'Observatoire du Cap y a joué un rôle important. Le titulaire actuel de poste, le Dr J. Jackson, a eu la tâche ingrate de diriger l'Observatoire au cours des années de guerre; en dépit du manque de personnel et des autres difficultés, l'œuvre se poursuivit et fut même amplifiée, surtout dans le domaine de la photométrie des étoiles.

Au cours de ses fonctions au Cap, Gill dut répondre à une demande d'emploi émanant d'un certain Mr. R. T. A. Innes, un Australien et astronome-amateur; il avait remis son commerce de Sidney pour venir au Cap où il fut d'abord chargé des humbles fonctions de secrétaire et de bibliothécaire. Cependant, il devait bientôt révéler son talent exceptionnel pour l'observation des étoiles doubles et son nom reste attaché à un ouvrage classique sur ce sujet. Le gouvernement au pouvoir au Transvaal en 1903, fit construire une station de météorologie à Johannesburg et en donna la direction à Innes. Au début, cet établissement ne possédait qu'un télescope de 23 cm, mais en 1910, après la formation de l'Union de l'Afrique du Sud, il devenait l'observatoire de l'Union et après 1918 il obtenait un grand réfracteur ayant un objectif de 67 cm. L'Observatoire est particulièrement renommé pour son travail sur les étoiles doubles, les petites planètes et les comètes; c'est là que les appareils Franklins-Adams furent installés afin d'achever la photographie du ciel austral sous la direction de H. E. Wood, le successeur de Innes. Le Dr van den Bos, le présent astronome de l'Afrique du Sud, s'est rendu célèbre par l'observation des étoiles doubles, et l'Observatoire continue à se spécialiser dans les domaines que nous avons cités, tout en opérant un service horaire et en s'intéressant à la séismologie.

A l'origine, la fondation de l'Observatoire avait pour but de faire progresser l'astronomie

FIGURE 1 – *Dôme du télescope de 67 cm à l'Observatoire de l'Union de Johannesburg. (Avec l'aimable permission de l'Astronome de l'Union.)*

FIGURE 2 – *La tourelle du réflecteur Rockefeller de 152 cm à l'Observatoire Harvard de Bloemfontein. (Avec l'aimable permission du Dr J. S. Paraskevopoulos.)*

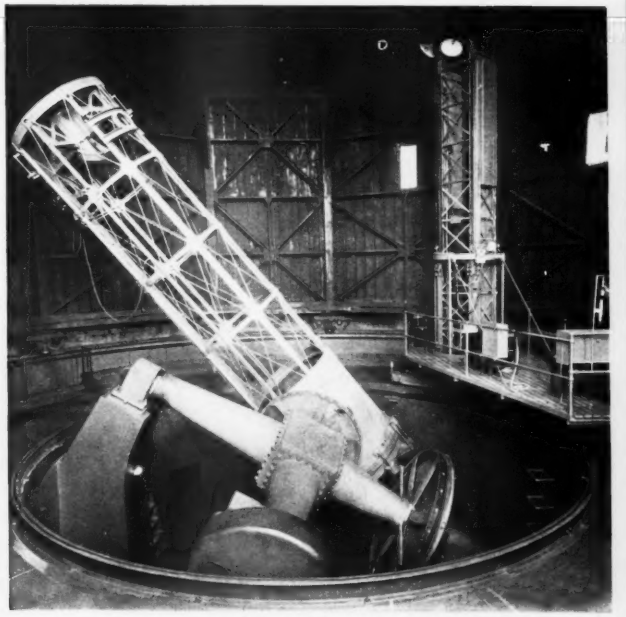


FIGURE 3 – *Le réflecteur de 152 cm à l'Observatoire Harvard de Bloemfontein. (Avec l'aimable permission du Dr J. S. Paraskevopoulos.)*

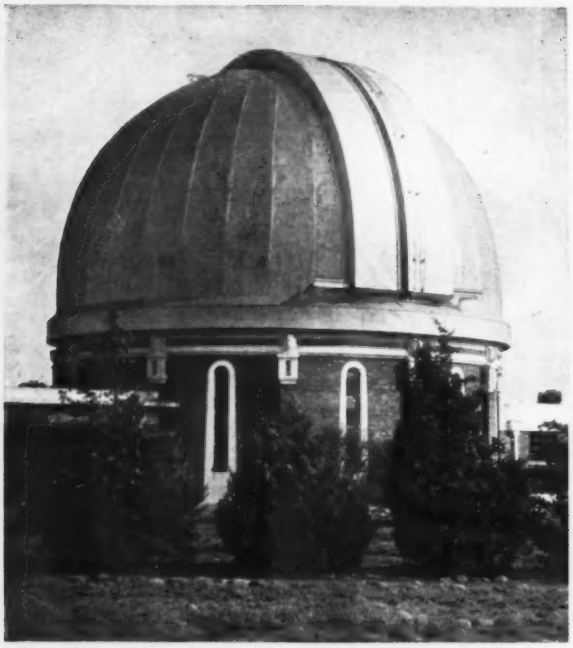


FIGURE 4 – *Dôme de l'Observatoire Lamont-Hussey, sous lequel se trouve un réfracteur de 69 cm.*

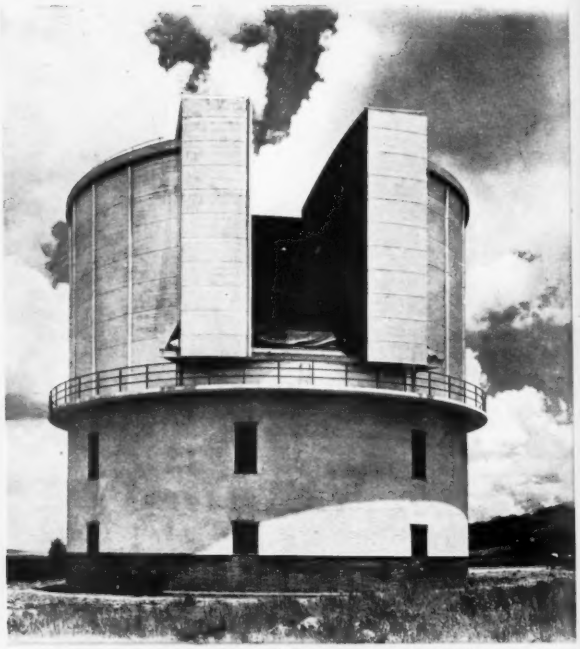


FIGURE 5 – *Tourelle de l'Observatoire Radcliffe de Prétoria. (Avec l'aimable permission du Directeur.)*

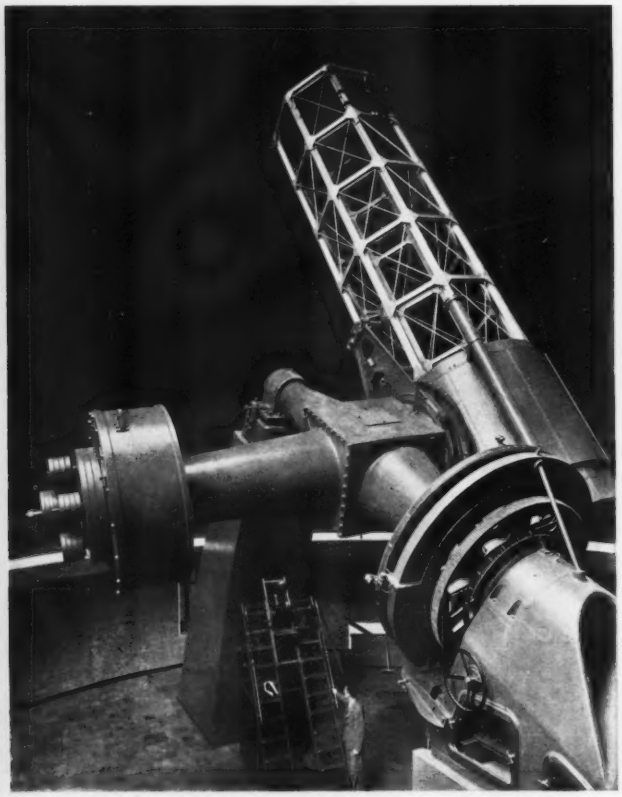


FIGURE 6 – *Le réflecteur Radcliffe. (Avec l'aimable permission du Directeur.)*

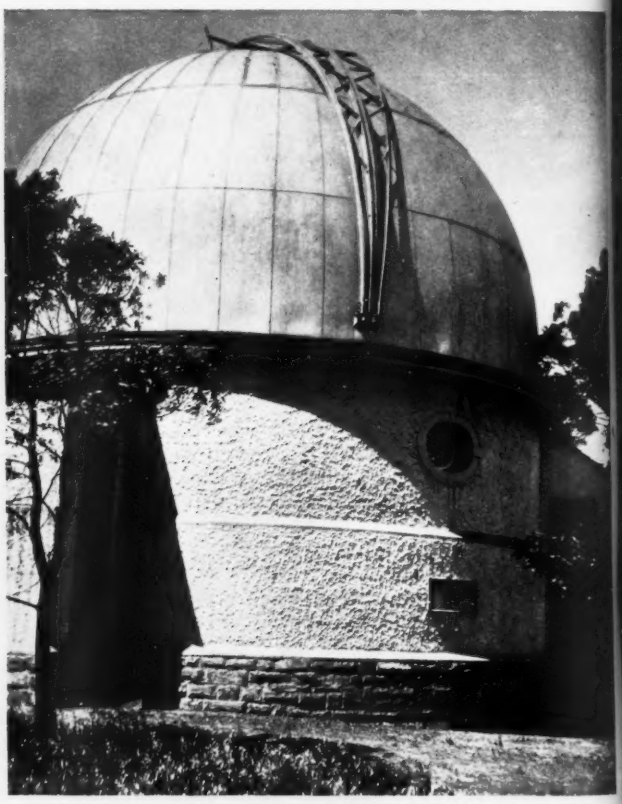


FIGURE 7 – *Dôme du télescope Victoria à l'Observatoire Royal du Cap.*

pratique et la navigation; l'Observatoire de l'Union fut créé afin de servir de centre scientifique et de recherche d'un état neuf et d'une région industrielle en plein développement, et il a grandi avec eux. D'autre part, l'intérieur de l'Afrique du Sud dont la campagne avoisinante de Johannesburg est un exemple typique, présente des avantages extraordinaires pour l'astronomie. Du fait de son altitude de plus de 1500 m, l'absorption de la lumière par l'atmosphère est réduite de façon appréciable. Le climat y est idéal: pendant la moitié de l'année le ciel est presque sans nuages, et même lorsqu'il pleut l'été austral (d'octobre en mars), la pluie y tombe au cours d'orages brefs et violents qui débarrassent l'air de toute poussière et le rendent étonnamment transparent et calme, sans compter qu'on bénéficie de tous ces avantages dans une région d'où l'on peut voir ce ciel austral si mal exploré.

La combinaison de tous ces facteurs n'a pas manqué d'attirer les astronomes vers l'Afrique du Sud. En 1925 le Professeur Schlesinger a fondé la station méridionale de l'Observatoire de l'Université de Yale sous la direction du Dr Alden sur le terrain de l'Université du Witwatersrand à Johannesburg; la station se sert d'un réfracteur photographique de 66 cm pour observer les parallaxes et les mouvements propres des étoiles. Ce travail a été continué par Mr C. Jackson, le directeur actuel de la station de Yale-Columbia, et comme il avait appartenu au personnel d'Innes, on peut le considérer comme un petit-fils spirituel de Gill. En 1926 une station solaire provisoire fut érigée sur le Mont Bukkaros en Afrique Occidentale par la *Smithsonian Institution*, et la même année l'Observatoire Lamont-Hussey de l'Université de Michigan s'installait avec un réfracteur visuel de 69 cm à Bloemfontein. Cette ville, la capitale de l'Etat libre d'Orange, se trouve à quelque 480 km au sud de Johannesburg; son altitude est moindre, mais elle jouit d'un climat et d'une topographie similaires. Le Dr Rossiter s'est servi du réfracteur pour découvrir plusieurs milliers de nouvelles étoiles doubles.

L'année suivante la station Boyden de l'Observatoire du *Harvard College* s'établissait à Maaselspoort, à quelques kilomètres de Bloemfontein. En 1887 Uriah A. Boyden de Boston avait légué une somme importante à Harvard pour faire des observations astronomiques à haute altitude et l'on s'en était d'abord servi à Aréquipa au Pérou, mais les étés y étaient constamment nuageux et en 1927 le Dr J. S. Paraskevopoulos transporta la station à Bloemfontein. L'équipement très perfectionné de la station comporte notamment un réflecteur de 152 cm de diamètre, le réfracteur photographique Bruce de 61 cm et un réfracteur photovisuel de 33 cm d'ouverture. Ce dernier instrument, muni d'un prisme d'objectif, est employé pour faire de la spectroscopie; d'autre part, plusieurs petits appareils photographiques patrouillent régulièrement le ciel. Cette station a pour fonction principale de fournir à l'Observatoire de Harvard des données sur le ciel austral sur lesquelles on fait des recherches poussées concernant la photométrie, la distribution des étoiles et les étoiles doubles.

Depuis bien des années des échanges de visites et d'autres procédés ont permis à l'Observatoire de l'Union à Johannesburg d'entretenir des relations étroites avec les observatoires hollandais et notamment celui de l'Université de Leyde. Juste avant 1939, cette collaboration franchissait une nouvelle étape du fait que Leyde, subventionnée par un fonds Rockefeller, venait ériger un grand réfracteur double de 40 cm d'ouverture sur un terrain de l'Observatoire de l'Union. Cet instrument a servi à divers genres de photométrie, et récemment on a installé un appareil multiplicateur électronique pour la photométrie directe des étoiles. L'observateur actuel, successeur de feu le Dr Van Gent, est le Dr Wesselink.

De novembre 1931 jusqu'en mars 1933, Leyde avait maintenu une station très élevée sur l'équateur dans le Kénya afin d'effectuer des déterminations fondamentales sur les déclinaisons stellaires, et en 1947 une station semblable fut construite à nouveau. A part cette station qui sort du cadre de notre article, nous avons pu énumérer non moins de six stations astronomiques permanentes dans l'Union sud-africaine même, celle du Cap, les stations Michigan et Harvard à Bloemfontein, et d'autre part à Johannesburg, l'Observatoire de l'Union, la station de Leyde et la station Yale-Columbia. En plus de cela il faut citer une station dont l'activité fut arrêtée en 1939; sa construction fut entreprise par l'université de Breslau à Windhoek dans l'Afrique du Sud-Ouest à une altitude de plus de 1600 m dans une région où l'humidité maxima est de 40% et le ciel est presque toujours entièrement sans nuages. Dans l'Union même il y a aussi beaucoup d'astronomes-amateurs; or il faut porter à leur crédit d'importantes observations sur les étoiles variables du sud, véritable travail de pionnier effectué par feu le Dr Roberts dans l'observatoire privé qu'il à maintenu pendant de nombreuses années a Lovedale dans le Cap oriental.

Tous les établissements permanents cités jusqu'à

présent, à part l'Observatoire de l'Union, sont les rejetons ou les stations méridionales d'organismes qui existaient déjà auparavant dans l'hémisphère nord. L'Observatoire Radcliffe de Prétoria, dirigé par le Dr H. Knox Shaw est le seul qui ait été transplanté d'Europe afin de jouir d'un meilleur climat et d'une plus grande sphère d'activités. Fondé à Oxford au cours de la seconde moitié du XVIIIe siècle grâce à un don de John Radcliffe, le médecin principal de la Reine Anne, cet observatoire fut transféré en 1937 à Prétoria, où les administrateurs du fonds Radcliffe acceptèrent de fournir un télescope réflecteur de 188 cm d'ouverture, le plus grand de tout l'hémisphère austral. On a joué de malheur pendant la fonte du disque destiné au miroir principal, et le travail a été retardé. Ce n'est qu'en 1948 que le disque achevé fut fourni et installé. Le télescope, qui a une masse mobile de 45 tonnes, est installé dans une tourelle au sommet d'une crête qui surplombe Prétoria. On ne s'en est encore servi qu'au foyer de Newton, et ce n'est que depuis peu qu'on dispose d'un spectroscope. Le personnel restreint de l'observatoire a dû employer le plus clair de son temps à installer, à modifier et à faire rentrer en service de nouveaux appareils; malgré cela un travail considérable a été fait en photographie directe de nébuleuses, et dans la première observation de certaines catégories d'objets intéressants. Dès que le spectrographe Cassegrain sera utilisable, un important programme sera entrepris en vue de déterminer la vitesse radiale des étoiles du type B (étoiles bleues chaudes présentant un spectre d'hydrogène et que leur extrême brillance intrinsèque rend visibles même à très grande distance). Ce travail aura pour objet de former la contrepartie d'observations similaires entreprises sur les étoiles de l'hémisphère boréal, et les résultats obtenus fourniront des données fondamentales sur la rotation de la Voie Lactée. Certes, il est évident qu'il y a encore tout un champ presque illimité d'objets galactiques et extragalactiques à rechercher en plus de cela.

Revue des livres

UNE INTRODUCTION DIRECTE À LA CHIMIE ORGANIQUE

A Direct Entry to Organic Chemistry, *par John Read.* Pp. XIII + 268. *Methuen and Company Limited, Londres.* 1948. 4*s.* 6*d. net.*

Le talent exceptionnel de M. le professeur Read pour exposer les questions chimiques difficiles au public non-initié ne s'est sans doute jamais révélé si avantageusement que dans ce petit ouvrage. La chimie organique est par nature beaucoup plus accessible au profane dans ses idées générales que la chimie minérale, car les notions fondamentales de sa théorie se rencontrent souvent avec celles de la vie de tous les jours. La notion d'isomérisme, entre autres, ne présente aucune difficulté à un constructeur qui bâtit différents types de maisons avec les mêmes quantités de briques et de tuiles. Et pourtant, guider le novice sur la route de la chimie organique et lui rendre intelligibles les mystères du caoutchouc, de la pénicilline, de l'hématine, du perspex, du nylon, des graisses, du camphre, de la chlorophylle, des vitamines etc. ne demande pas seulement une maîtrise remarquable du sujet mais une grande facilité d'exposition et une fine connaissance de la nature humaine. On ne s'étonne donc pas que le livre de M. le professeur Read ait reçu le prix Europeo Cortina d'un million de lires pour le meilleur ouvrage de vulgarisation scientifique publié en n'importe quelle langue au cours de ces quatre dernières années. C'est un honneur bien mérité dont tous se réjouiront.

ACIDES GRAS ET LEURS DÉRIVÉS

Fatty Acids and Their Derivatives, *par A. W. Ralston.* Pp. 986. *Chapman and Hall Limited, Londres; John Wiley and Sons Incorporated, New York.* 1948. 60*s. net.*

Il existe à l'heure actuelle un certain nombre d'ouvrages sur les graisses naturelles — leur provenance et leur constitution, leur importance en chimie biologique et dans la nutrition ainsi que les applications et l'utilisation des matières grasses en général dans les divers produits industriels dont elles sont des constituants. (Il peut s'agir aussi de certains groupes spécifiques ou même de graisses isolées.) L'ouvrage qui nous intéresse diffère des précédents en ce qu'il se propose de faire un exposé complet de tous les acides gras, naturels ou synthétiques, ayant une chaîne de six atomes de carbone ou plus. A première vue, ceci peut paraître sans grande nécessité mais il a fallu un ouvrage de près de 1000 pages pour réunir toute cette documentation et on y compte des références à plus de 5000 articles et brevets originaux annotés d'une façon complète. On entrevoit ainsi que les acides gras sont, en eux-mêmes, un sujet valant la peine d'être traité. Le Dr Ralston s'est acquitté de sa tâche avec beaucoup de compétence. Il s'agit là, bien entendu, d'un ouvrage s'adressant surtout au spécialiste de la question. Ce livre lui sera extrêmement utile car il offre une collection presque complète de toute la documentation, physique et chimique, ayant trait aux acides gras, à leurs éthers-sels et à beaucoup de leurs autres dérivés. Les chimistes travaillant dans toutes les industries des graisses et des savons trouveront aussi ce livre de la plus grande valeur. Ce n'est pas à dire qu'il soit

sans intérêt pour le lecteur courant ou l'étudiant, au contraire; en le parcourant, non seulement se formeront-ils une idée de la chimie des acides gras mais en retireront aussi une impression cohérente de la classification des graisses naturelles et de leur transformation en savons, de leur hydrogénation pour former des produits d'usages spécifiques etc. car tous ces aspects sont effleurés dans quelque détail à propos d'une des questions principales de l'ouvrage.

T. P. HILDITCH

ÉLÉMENTS DE LA CHIMIE DU CHARBON

Elements of Coal Chemistry, *par D. J. W. Kreulen. Pp.* 204, *avec des illustrations en demi-teintes et des figures. Nijgh en Van Ditmar N.V., Rotterdam.* 1949. 18,25 *Fl.*

Le Dr Kreulen publia en 1935 «Grundzüge der Chemie und Systematik der Kohlen» dans la double intention d'offrir aux étudiants un ouvrage spécialisé sur la chimie du charbon et de soumettre ses propres vues sur divers aspects de la question. Le livre qui nous intéresse en est une seconde édition entièrement rédigée à nouveau et formée de 17 chapitres qui vont de la classification à l'hydrogénation du charbon.

Les importants travaux d'Odén sur les acides humiques sont exposés en détail et la recherche sur les courbes des acides humiques vaut la peine d'être étudiée avec soin. Les bitumes et la structure micellienne du charbon sont également largement traités dans les limites de la place disponible.

Dans l'ensemble la traduction est satisfaisante à part quelques mots ou expressions inhabituels sans pour cela porter à erreur. L'ouvrage renferme 51 tableaux et 70 illustrations; l'impression et la reliure sont de bonne qualité. Il n'y a pas d'index mais à la fin de chaque chapitre sont données de nombreuses références à la littérature qui auraient été plus utiles si on les avait numérotées et indiquées dans le texte. C'est là une étude concise et bien à jour.

ARTHUR MARSDEN

CINQUANTE ANS DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

Fifty Years of Plant Physiology, *par Th. Weevers. Pp.* XI + 308. *Scheltema en Holkemas Boekhandel en Uitgevers Maatschappij N.V., Amsterdam.* 1949. *Prix non indiqué.*

La Hollande a toujours été le pays par excellence des études de physiologie végétale et les botanistes hollandais ont inauguré ces dernières années plusieurs nouveaux terrains d'études. Peu nombreux sont les botanistes de langue anglaise sachant lire couramment le hollandais; c'est donc un plaisir que de recevoir de la part d'un botaniste réputé de ce pays, un résumé des progrès de la physiologie végétale en Hollande pendant ces cinquante dernières années.

C'est en effet en quoi consiste cet ouvrage. En dépit de son titre, il ne prétend pas faire l'historique de la physiologie végétale, ou même en traiter complètement. M. le professeur Weevers se contente d'y parler avec charme des travaux des physiologistes hollandais et de quelques autres. Il fait avec talent un résumé de l'état des connaissances jusqu'en 1895, puis esquisse avec l'aisance que seule peut donner une vie d'études sur la question, les progrès réalisés depuis par ses compatriotes en particulier. C'est là un mémoire impressionnant. Une grande partie des travaux est déjà bien connue des physiologistes de plantes mais ce n'est là qu'une partie. Et M. le professeur Weevers connaît si bien la question «de l'intérieur» que des faits, connus seulement par des articles de recherche, s'illuminent soudain à la lumière de l'un de ses commentaires.

E. ASHBY

FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE LA TECHNIQUE DU VIDE

Scientific Foundations of Vacuum Technique, *par Saul Dushman. Pp.* 882, *avec de nombreux croquis. John Wiley and Sons Incorporated, New York; Chapman and Hall Limited, Londres.* 1949. 90*s. net.*

Ce livre très complet passe en revue les notions fondamentales de physique, de chimie et de métallurgie utiles aux chercheurs et aux ingénieurs ayant à résoudre les problèmes se présentant à eux au cours de la production, de l'entretien et de la mesure des vides poussés. On y trouve des chapitres sur la théorie cinétique des gaz et l'écoulement liquide; les pompes en tous genres; la mesure des basses pressions; l'action réciproque des gaz et des solides, métaux compris; la dissociation, les pressions de vapeurs et les taux d'évaporation. La richesse d'information contenue dans ce livre tient à la longue et remarquable expérience de l'auteur.

Le développement de la technique du vide ne remonte qu'à la lampe à incandescence. Et pourtant on en trouve aujourd'hui des applications dans des terrains aussi divers que la plus petite lampe réceptrice et l'émetteur de 100 kW; le synchrotron, le bétatron et autres installations à voltage élevé utilisés en physique nucléaire; les tubes à rayons X d'un maximum de deux millions de volts, ainsi que les liquéfieurs et autres appareils en usage dans la physique des basses températures. Ce traité sera une source d'information et un ouvrage de références inestimable pour tous ceux qui étudient les appareils à vide poussé.

A. R. MILLER

Traité de Zoologie. Anatomie, Systématique, Biologie, *publié sous la direction de M. Pierre-P. Grassé.* Tome XI. Echinodermes, Stomocordés, Procordés, *par L. Cuénot, C. Dawydoff, P. Brien, C. Drach, etc. Pp.* 1075, *avec plus de* 450 *diagrammes linéaires. Masson et Cie., Paris.* 1948. 3800 *francs.*

Le volume XI est le premier des 17 volumes du Traité à paraître. Il traite des Echinodermes fossiles et actuels, des Hémicordés et des Graptolithes, des Tuniciers et des Céphalocordés. C'est là un vaste terrain et bien que la difficulté d'offrir un exposé à jour de chaque aspect de la question ait été résolue par la coopération de plusieurs auteurs, le livre conserve une unité de plan réelle et une rédaction vivante et bien suivie. La plupart des illustrations sont excellentes, qu'elles soient originales ou soigneusement mises à jour mais l'emploi de la couleur et des stéréogrammes semble insuffisant.

L'exposé de la morphologie et de la physiologie est limpide avec de bons résumés; dans de nombreux cas, comme par exemple dans celui du système nerveux de l'*Amphioxus*, des faits depuis longtemps établis atteignent le manuel pour la première fois. Les travaux récents sont peut-être trop soulignés et les auteurs ne distinguent pas toujours les fonctions déduites de la structure de celles que l'expérience a pratiquement démontrées. Ils citent clairement par contre les lacunes de nos connaissances. Les exposés constructifs et systématiques sont excellents et le raisonnement inductif sur lequel se basent diverses théories phylogénétiques est clairement reproduit. La parenté des Hémicordés avec les Echinodermes est, sans doute à juste titre, présentée comme plus proche qu'il n'en a été coutume récemment et celle avec les Cordés comme plus éloignée.

H. P. WHITING

CYBERNÉTIQUE, OU COMMANDE ET COMMUNICATION CHEZ L'ANIMAL ET DANS LA MACHINE

Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine, *par Norbert Wiener. Pp.* 194. *Chapman and Hall Limited, Londres.* 1949. 18*s. net.*

La théorie a été lancée, si l'on peut dire, en 1868 par l'article de Clerk Maxwell *On Governors*, dans lequel ce dernier étudiait mathématiquement le fonctionnement du modérateur de Watt pour les machines à vapeur. Nous disposons, à l'heure actuelle, d'une multitude de systèmes électro-mécaniques faits pour accomplir des tâches quasi-humaines — dispositifs de direction navale automatique avec compas gyroscopique, projectiles à propulsion automatique se dirigeant sur leur objectif et machines capables de résoudre des problèmes mathématiques compliqués. Beaucoup possèdent des organes sensitifs tels que cellules photo-électriques ou thermomètres et l'équivalent d'un système nerveux central pour coordonner le passage des renseignements des éléments perceptifs aux éléments exécutifs. Certains sont même doués de mémoire. Ils se prêtent à la description en termes physiologiques.

La révolution industrielle du siècle dernier dévalua la force humaine par rapport à la machine: le manœuvre ne peut se mesurer avec l'excavatrice mécanique. Se produira-t-il une nouvelle révolution industrielle dans laquelle une autre vaste section de la société se verra privée de son gagne-pain par suite de la concurrence des mécanismes cybernétiques ?

E. T. WHITTAKER

ÉLASTICITÉ ET ANÉLASTICITÉ DES MÉTAUX

Elasticity and Anelasticity of Metals, *par C. M. Zener. Pp.* x + 170, *avec des illustrations en demi-teintes et croquis. University of Chicago Press, Chicago; University Press, Cambridge.* 1948. 22*s.* 6*d. net.*

Il est habituel dans une étude classique de l'élasticité de diviser le sujet en deux parties principales, la partie de l'élasticité ou pré-plasticité où s'applique la loi de Hooke et celle de la non-élasticité, caractérisée par l'existence d'un pli permanent. On admet cependant depuis plus d'un siècle qu'il existe des exceptions à la loi de Hooke à des niveaux d'efforts tout à fait bas, mais ces entorses étaient considérées comme d'intéressants points d'interrogation pour le théoricien sans importance réelle pour le métallurgiste. Or, depuis une dizaine d'années, ces déviations ont acquis une grande valeur pratique et leur étude a permis des progrès marqués dans la connaissance de la micro-structure des solides.

Le terme de «non-élasticité» est devenu presque équivalent de pli permanent, et l'on s'est rendu compte qu'il fallait un terme nouveau pour éviter les erreurs d'interprétation. L'«anélasticité» se définit donc comme suit: la propriété d'un solide en vertu de laquelle l'effort et la tension ne sont pas en rapport unique dans l'échelle pré-plastique.

Ce volume constitue une contribution intéressante et importante à l'étude de la microstructure des métaux et l'on peut le recommander instamment en tant que résumé lucide d'une branche importante de la question de l'élasticité.

ALLAN FERGUSON

IDENTIFICATION SYSTÉMATIQUE DES COMPOSÉS ORGANIQUES

The Systematic Identification of Organic Compounds, *par Ralph L. Shriner et Reynold C. Fuson. Troisième édition. Pp.* 370. *John Wiley and Sons, New York. Chapman and Hall, Limited, Londres.* 1948. 13*s.* 6*d. net.*

Cet ouvrage sera un guide stimulant pour les étudiants de chimie parvenus à cette étape de leurs études qui, selon la préface des auteurs, constitue la meilleure expérience possible pour les futurs chercheurs, car c'est alors qu'ils sont initiés aux méthodes qu'il leur faudra appliquer. L'importance des recherches qui ont été faites récemment sur la préparation de dérivés capables d'être caractérisés apparaît clairement dans les chapitres VI et VII. Les références à la littérature sont nombreuses et pour la plupart se rapportent à des textes postérieurs à 1939. Les auteurs insistent fortement sur le mécanisme des réactions. Par le test de Schiff (aldéhyde) la constitution du réactif lui-même et du composé qui en résulte est mise en évidence; la recherche moderne sur la structure des composés bisulfites est citée et l'étudiant est invité à se demander pourquoi la cinnamaldéhyde se combine avec deux molécules de bisulfite de soude. La mercuration est introduite par l'intermédiaire d'un réactif pour composés non saturés et pour aldéhydes et cétones mais n'est pas traitée en elle-même.

Les acides sulfoniques sont extrêmement bien traités mais les intéressants dérivés du type de la «chloramine T» sont omis, sans doute à cause de leur utilisation principale pour la formation des sulfilimines à partir des arsines et des sulfures moins connus. Les mercaptanes sont cependant envisagés.

La mention des composés de l'oxonium formés à partir de cétones et d'éthers-sels et l'étude du lien hydrogène par rapport aux propriétés physiques témoignent aussi du nouvel esprit qui règne dans l'ouvrage.

FREDERICK CHALLENGER

LA PLAGE

The Sea Shore, *par C. M. Yonge, F.R.S. Pp.* XVI + 311 *avec de nombreuses planches en couleurs et des dessins en demi-teintes et croquis. Collins' New Naturalist Series. Londres.* 1949. 21*s. net.*

C'est là un livre d'un attrait remarquable qui recevra le meilleur accueil. Il s'adresse à tous et est écrit d'une façon si agréable et si claire qu'il sera compréhensible à n'importe quel lecteur. Il est aussi d'un niveau qui le rend extrêmement valable pour les étudiants de biologie et pour les professeurs enseignant cette matière mais spécialisés dans d'autres branches. Il est bien à jour et a le grand avantage d'avoir été écrit par un auteur connaissant à fond par lui-même le vaste terrain qu'il traite et possédant une expérience de longue date des côtes, non seulement de Grande-Bretagne mais d'autres parties très reculées du monde. Il s'ensuit que l'ouvrage traite des îles britanniques mais que l'on y sent continuellement présente l'expérience mondiale de l'auteur. Il y a aussi de nombreux renseignements d'ordre biologique général. Nombreux sont les livres sur les côtes de Grande-Bretagne, mais ce dernier est le mieux et le plus largement informé. C'est un devoir que d'en féliciter l'auteur. Autre point important: l'ouvrage est illustré de nombreuses photographies en noir et en couleurs du remarquable reporteur de sujets marins qu'est le Dr D. P. Wilson de Plymouth. La plupart des planches sont excellentes bien que de qualité inégale, principalement parce que la photographie en couleurs n'a pas encore atteint le point où l'on peut attendre un succès suivi dans les gros-plans de cette sorte. Les meilleurs d'entre eux donnent une idée des plus suggestives des organismes représentés.

T. A. STEPHENSON